



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

"ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS
TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX
S.A. MEDIANTE UN
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO"

PRESENTADA POR:

Bach. WILLIAMS YURI GONZALES JIMENEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

JULIACA - PERÚ

2018



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

TESIS

**"ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS
EN LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX S.A. MEDIANTE UN
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO"**

PRESENTADA POR:

Bach. WILLIAMS YURI GONZALES JIMENEZ

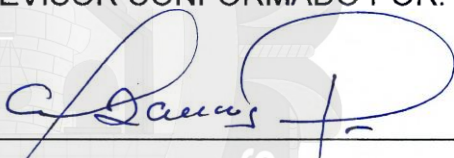
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

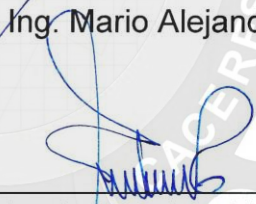
PRESIDENTE

:


M. Sc. Ing. Mario Alejandro Ramos Herrera

PRIMER MIEMBRO

:


Ing. Salvador Teodoro Valdivia Gárdenas

SEGUNDO MIEMBRO

:


Ing. Luis Fisher Flores Rodríguez

ASESOR DE TESIS

:


M. Sc. Ing. Porfirio Ulises Hurtado Chavez

JULIACA – PERU

2018

UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL N° 123-2018-D-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de junio de 2018.

VISTOS:

El Oficio N° 095-2018-D/EPIME-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el Informe N° 017-2018/MARH-EPIM-2018 del Presidente del Jurado dictaminador del Trabajo de Tesis, RESOLUCIÓN DECANAL N° 131-2017-D-FICP-UANCV, y con el acta de calificación de Perfil de tesis de fecha 05 de mayo de 2017, y el acta de calificación del Borrador de Tesis de fecha 20 de junio de 2018, para optar al Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctricista, con el tema titulado: "ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX S.A. MEDIANTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO".

CONSIDERANDO:

Que, el(los) Bachiller(es): GONZALES JIMENEZ, WILLIAMS YURI, ha presentado su Trabajo de Tesis Titulado: "ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX S.A. MEDIANTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO".

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el presidente de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías, nominó como Jurado a los siguientes Docentes:

- * Presidente : M.Sc. Ing. MARIO ALEJANDRO RAMOS HERRERA
- * 1er Miembro : Ing. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- * 2do Miembro : Ing. LUIS FISHER FLORES RODRIGUEZ

Que, el Jurado Dictaminador ha aprobado en su integridad el Trabajo de Tesis titulado: "ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX S.A. MEDIANTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO".

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen 121-2018 la originalidad del trabajo de investigación titulado "ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX S.A. MEDIANTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO".

Estando en la opinión favorable por el Presidente de la Comisión de Grados y Títulos, en concordancia al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria 30220, ley de creación de la UANCV 23738 y modificación, Resolución de Institucionalización 1287-92-ANR D.L. 739, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el TRABAJO DE TESIS, de el(los) Bachiller(es): GONZALES JIMENEZ, WILLIAMS YURI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Eléctricista, con el Tema Titulado: "ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX S.A. MEDIANTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO".

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Tesis en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR DE TESIS al docente Contratado de la Escuela Profesional Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras M.Sc. Ing. PORFIRIO ULISES HURTADO CHAVEZ.

ARTICULO TERCERO.- La Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional Ingeniería Mecánica Eléctrica, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c.
Interesado
Arch.
ATZB/opl.UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. ALFREDO T. ZEGARRA BUTRÓN
DECANO
CIP: 32590

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Ing. Carlos A. Cáceres Vargas
SECRETARIO ACADÉMICO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CIP: 72725



**“ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS
TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX
S.A. MEDIANTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO”**



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"





DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a:

Dios todopoderoso, fuente de sabiduría y esperanza. Me ha proporcionado el camino y me ha iluminado la vida.

A mis padres Efraín Paredes y Margarita Jiménez, quienes con mucho esfuerzo, amor y sabiduría han sabido inculcarme buenos principios, y por proporcionarme una referencia moral.

A mis hermanos Miguel, y especialmente Darwin por apoyarme en todo momento, para seguir luchando por alcanzar mis metas.

Y en especial a ti papá que hoy guía mi camino desde el cielo.



AGRADECIMIENTO:

A Dios por permitirme llegar hasta donde he llegado, porque gracias a él realice mis anhelos.

A la UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" por darme la oportunidad de estudiar y ser profesional.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, quienes aportaron y nutrieron mi mente con conocimientos y experiencias profesionales, en pro de una excelente formación.

A mis jurados de Tesis de Grado, por sus visiones críticas, por sus consejos, que me ayudaron a desarrollar este proyecto.



RESUMEN

La presente Tesis **“ANÁLISIS DE FALLAS DE LOS MECANISMOS DE FAJAS TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA CONCRETO SUPERMIX S.A. MEDIANTE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO”** mostraremos el programa de mantenimiento para las fajas transportadoras. Para que podamos efectuar el presente proyecto de investigación deberemos tomar en cuenta diferentes conceptos de la técnica en mención en la cual tendremos que dividir el programa de mantenimiento en sub sistemas para obtener los tipos de mantenimiento.

En el Capítulo I, se presentan los acontecimientos de fallas y paradas en la faja transportadora dentro de la Empresa CONCRETOS SUPERMIX S.A. - PERU q u e influyen directamente en la elaboración del concreto premezclado.

En el capítulo II, se necesita la pronta creación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo que asegure la continuidad y seguridad en el trabajo de la faja transportadora, así como alargar la vida útil de todos sus componentes. También se aprecia la selección de un stock de repuestos principales de la faja, materiales e herramientas de mayor uso dentro de la empresa (3).

En el capítulo III, Todo el plan de mantenimiento incorporado a la faja transportadora deberá de regirse a control inicial y final para ver en qué estado se encuentra durante el día.

En el capítulo IV, Se realiza introduciendo los datos en la tabla del OEE y análisis de AMEF.

En el capítulo V, Se realiza el análisis del costo y la implementación del plan de mantenimiento para la faja transportadora.

En la parte final llegamos a las conclusiones y recomendaciones para el mantenimiento de las fajas transportadoras.



ABSTRACT

This thesis "ANÁLISIS OF FAULTS OF THE MECHANISMS OF TRANSPORTATION BELTS IN THE CONCRETE SUPERMIX S.A. THROUGH A PRODUCTIVE MAINTENANCE PROGRAM "we will show the maintenance program for conveyor belts. In order for us to carry out this research project we must take into account different concepts of the technique in question in which we will have to divide the maintenance program into sub systems to obtain the types of maintenance.

In Chapter I, the events of failures and stops in the conveyor belt within the company CONCRETOS SUPERMIX S.A. - PERU that directly influence the preparation of ready-mix concrete.

In chapter II, the prompt creation of a preventive and corrective maintenance program is necessary to ensure continuity and safety in the work of the conveyor belt, as well as to extend the useful life of all its components. It is also appreciated the selection of a stock of main spare parts of the belt, materials and tools of greater use within the company (3).

In chapter III, the entire maintenance plan incorporated into the conveyor belt must be subject to initial and final control to see what condition it is in during the day.

In chapter IV, it is done by entering the data in the OEE table and AMEF analysis.

In Chapter V, the cost analysis and implementation of the maintenance plan for the conveyor belt is performed.

In the final part we come to the conclusions and recommendations for the maintenance of the conveyor belts.



NOMENCLATURA

MCC: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

RCM: Reliability Centerd Maintenance.

TPM: Mantenimiento Productivo Total.

MTBF: Tiempo Medio Entre fallas

MTTR: Tiempo Medio Entre Reparaciones

OEE: Efectividad global de equipos

AMEF: Análisis de confiabilidad



INTRODUCCIÓN

El mantenimiento dentro de una empresa es uno de los ejes fundamentales para alargar la vida útil de todos los componentes.

El mantenimiento puede contribuir en gran medida a la conservación y reutilización de los recursos físicos, este garantizará el buen estado de la máquina y sus componentes y su correcto funcionamiento en sus horas de producción durante el día.

"El mantenimiento productivo total (TPM), lo que busca el mantenimiento productivo es de incorporar el área de operaciones en el área de mantenimiento en trabajos sencillos como la inspección diaria del equipo como limpieza, lubricación y ajustes menores" (11).

De esta manera se aplicará la presente tesis de investigación como estrategia para el mejoramiento continuo del mantenimiento de la faja transportadora tipo BETONMAC 36" x 35.5 m de la Empresa Concretera Supermix S.A – CARACOTO.



INDICE

DEDICATORIA	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
RESUMEN	IX
SUMMARY	X
NOMENCLATURA.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE CUADROS.....	XVII
INDICE DE GRAFICOS	XVII
INDICE DE TABLAS	XIX
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES.....	20
1.1. GENERALIDADES	21
1.1.1 EMPRESA CONCRETOS SUPERMIX.....	21
1.1.2 UBICACIÓN	21
1.1.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	22
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	36
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	37
1.3.1 PREGUNTA GENERAL.....	37
1.3.2 PREGUNTAS ESPECÍFICAS.....	37
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	37
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	36
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	38
1.5. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO	38
1.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	39
1.7. HIPÓTESIS	39
1.7.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	39
1.7.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	39
1.8. VARIABLES E INDICADORES.....	40
1.8.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	40
1.8.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	40
1.8.3 VARIABLE INTERVINIENTES.....	40
1.8.4 DEFINICION CONCEPTUAL DE LA VARIABLE	41
1.8.5 DEFINICION OPERACIONAL DE LAS VARIABLE.....	41
1.8.6 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	42
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	43
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	44
2.2 BASES TEORICAS	46
2.2.1 ANTECEDENTES DEL EMPLEO DEL MANTENIMIENTO	
PRODUCTIVO TOTAL TPM.....	46
2.2.1.1 LA FILOSOFIA DEL TPM	46
2.2.1.2 LA ETERNA PELEA DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN...47	
2.2.1.3 LAS SEIS GRANDES PERDIDAD DEL TPM	47
2.2.1.4 LA APLICACIÓN DEL OPERADOR EN LAS TAREAS DE	
MANTENIMIENTO	48
2.2.1.5 LA IMPLEMENTACION DEL TPM EN UNA EMPRESA.....	49
2.3 DEFINICION DE TERMINOS	51
2.3.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).....	51
2.3.2 PILARES DEL TPM.....	52



2.3.2.1	MEJORAS ENFOCADAS (KOBETSU KAISEN).....	52
2.3.2.2	MANTENIMIENTO AUTONOMO (JISHU HOZEN).....	53
2.3.2.3	MANTENIMIENTO PLANIFICADO (KEIKAKU).....	55
2.3.2.4	CONTROL INICIAL	57
2.3.2.5	MANTENIMIENTO DE CALIDAD	57
2.3.2.6	EDUCACIÓN Y ENTRENAMIENTO.....	59
2.3.2.7	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	60
2.3.3	MODOS DE FALLA	61
2.3.4	EFFECTOS DE FALLA	61
2.3.5	CONSECUENCIAS DE LA FALLA.....	62
2.3.6	INDICADORES UTILIZADOS EN EL TPM.....	63
2.3.6.1	EFFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS (OEE)	63
CAPÍTULO III.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	64
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	65
3.2	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	65
3.3	DESCRIPCION DEL AMBITO DE LA INVESTIGACIÓN.....	65
3.4	POBLACION Y MUESTRA	66
3.4.1.	MODELO DE ENCUESTA APLICADA.....	66
3.5	INDICADORES UTILIZADOS EN TPM	70
3.5.1.	EFFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE)	70
3.5.2.	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS (MTBF).....	72
3.5.3.	TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES (MTTR)	73
3.6	ANÁLISIS DE CRITICIDAD.....	73
3.6.1	ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA.....	73
3.6.2	CONFIABILIDAD Y DISPONIBILIDAD.....	76
CAPÍTULO IV.	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	77
4.1	ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) DE LA FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC 36"x 35.5 M	78
4.1.1	CALCULO INDICADORES UTILIZANDO EN TPM	78
4.1.1.1	EFFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)	79
4.1.2	CALCULO DE TIEMPO ENTRE FALLAS (MTBF).....	81
4.1.3	CALCULO DE TIEMPO MEDIO ENTRE REPARACIONES (MTTR).....	82
4.2	ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y AMEF.....	83
4.2.1	ANÁLISIS DE MODOS Y EFFECTOS DE FALLA....	83
4.3	PLAN DE MANTENIMIENTO ADJUNTO PARA LA FAJA TRANSPORTADORA BETONMAC	88
4.4	TAREAS PARA REALIZAR UN CORRECTO MANTENIMIENTO.....	89
4.5	FORMATO PARA LA INSPECCION DIARIA DE LOS COMPONENTES DE LA FAJA TRANSPORTADORA BETONMAC	92
4.6	DETERMINACION DE UNA ESTRATEGIA DE MANTENCIÓN	93
CAPÍTULO V.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	97
5.1	ANÁLISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.....	98
5.1.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL MANTENIMIENTO (TPM)	98
5.1.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA FRECUENCIA DE FALLAS.....	98
CAPÍTULO VI.	ANÁLISIS ECONÓMICO	99
6.1	COSTO BENEFICIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TPM	100
6.2	COSTO DE INVERSION DE MANTENIMIENTO PARA LA FAJA TRANSPORTADORA BETONMAC DE TIPO STACKER 36"x35.5 M....	100



CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	106
BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS	110





ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Localización de la Empresa Concretos Supermix S.A	20
Figura N° 2. Partes de una faja transportadora	21
Figura N° 3. Faja transportadora marca BETONMAC 36" x 35.5m t	22
Figura N° 4. Vista de la Faja transportadora marca BETONMAC 36"x 35.5m.....	23
Figura N° 5. Vista del cabezal de tracción.....	24
Figura N° 6. Vista del motor de tracción	24
Figura N° 7. Vista de los rodillos.....	41
Figura N° 8. Vista de los rodillos autoalineables	43
Figura N° 9. Vista de los rodillos de impacto	44
Figura N° 10 Vista de los rodillos de carga	48
Figura N° 11 Vista de los rodillos de retorno.....	50
Figura N° 12 Vista del bastidor con los módulos de rodillos.....	55
Figura N° 13 Categorías de Modos de Falla	57



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1. Ficha técnica de la faja transportadora BETONMAC 36"x 35 mt... ..	25
Cuadro N° 2. Definición Conceptual de las Variables.....	40
Cuadro N° 3. Pasos de Mantenimiento autónomo	68
Cuadro N° 4. Efectividad Global de Equipos (OEE).....	69
Cuadro N° 5 . Análisis de Modos y Efectos de Falla	71
Cuadro N° 6 . Puntajes para elaboración de AMEF	65
Cuadro N° 7. AMEF del Subsistema Análisis del Motor eléctrico con reductor.....	80
Cuadro N° 8 . AMEF del Subsistema Batidory cojinetes.....	83
Cuadro N° 9 . AMEF del Subsistema Eje Principal del motor al tambor.....	85
Cuadro N° 10. Acciones de Mantenimiento de la Faja Transportadoras causas y soluciones.....	86
Cuadro N° 11. Costos de capacitación anuales que representan la inversión total del proyecto	87
Cuadro N° 12. Historial de Mantenimiento de los subsistemas de la faja transportadora	88
Cuadro N° 13. Costos unitarios de operación a través de todo el proceso de reparación.....	89



INDICE DE GRAFICOS

Grafico N° 1. Participación de las tareas de los trabajadores con las fajas	25
Grafico N° 2. Percepción de la importancia de las fajas	68
Grafico N° 3. Conocimiento de los programas de mantenimiento	69
Grafico N° 4. Percepción de la disponibilidad de las fajas por fallas	71
Grafico N° 5. Percepción de la necesidad de implementar el proyecto	65
Grafico N° 6. Detección de la mejora en caso de implementar el proyecto	80
Grafico N° 7. Percepción de la mejora de eficiencia en caso de implementar el proyecto	83





ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Software Para el Cálculo de Efectividad Global de Equipos.....	75
Tabla N° 2. Interpretación de los resultados del cálculo de Efectividad Global de Equipos... ..	76
Tabla N° 3. Interpretación de los resultados del (OEE).	77





CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. GENERALIDADES.

1.1.1. CONCRETOS SUPERMIX S.A.

“Concretos Supermix S.A. es una empresa que produce, distribuye y también comercializa concreto premezclado, adoquines de concreto y vigas de concreto; que genera beneficios a la actividad de la construcción, agregando valor a sus clientes, accionistas y trabajadores” (1).

1.1.1.1. VISIÓN

“Ser un grupo líder en la industria peruana del concreto premezclado, productos y servicios afines que garantiza la mejor calidad y satisfacción al cliente, promoviendo el desarrollo y bienestar de nuestro personal y de la sociedad” (1).

1.1.1.2. MISIÓN.

Somos un grupo concretero peruano que genera beneficios a la actividad de la construcción, produciendo, distribuyendo y comercializando concreto premezclado, servicios y productos afines, que satisfacen las expectativas de nuestros clientes.

1.1.2. UBICACIÓN.

La Empresa Concretos Supermix se ubica exactamente en Caracoto, en la provincia de San Román departamento de Puno; a una altitud del nivel del mar que varía entre los 3,800 y 3850 m.s.n.m.

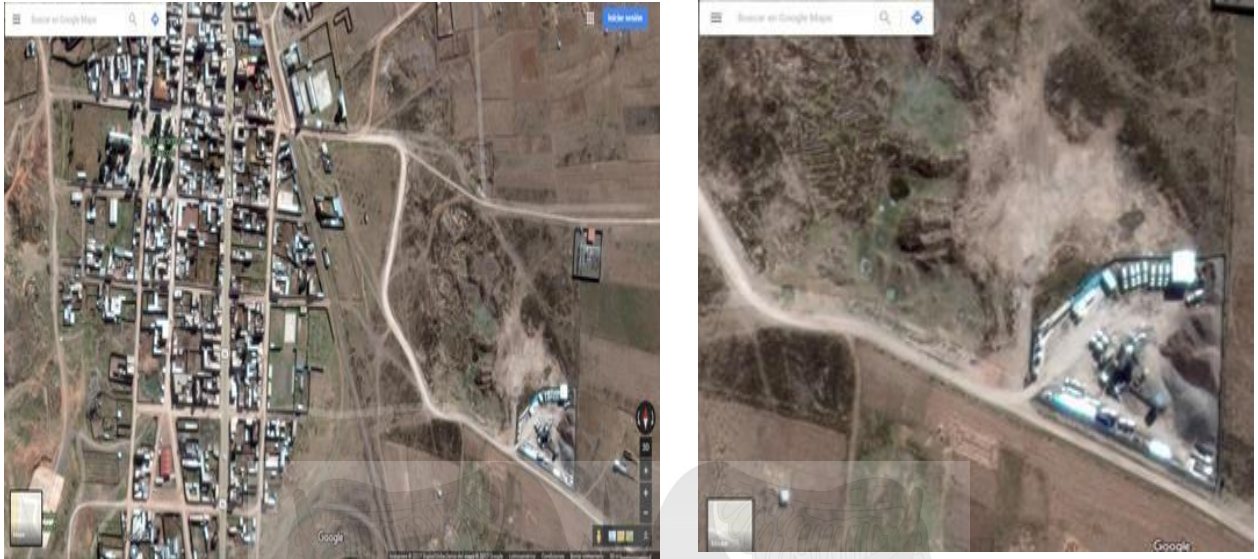


Figura N° 1. Localización de la Empresa Concretos Supermix S.A.

Fuente: Google Maps

1.1.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS.

La máquina sujeta al estudio y análisis es una pequeña faja transportadora BETONMAC 36" x 35.5 m. En donde la máquina o equipo trabaja siempre a su capacidad máxima, por lo tanto, cualquier falla menor o mayor interrumpiría la producción y afectaría en los costos de mantenimiento dentro de la empresa, dado que no hay otra faja transportadora que cumple sus funciones.

La faja transportadora es un equipo móvil que se moviliza en una estructura de acero firme. Actualmente hay tipos de fajas de acuerdo al material o insumo que se necesita transportar de un punto a otro punto; así se pueden descubrir fajas transportadoras de productos terminados o en proceso de acabado. También podemos encontrar fajas en forma de curva como en los de reclamo de equipaje en un terminal.

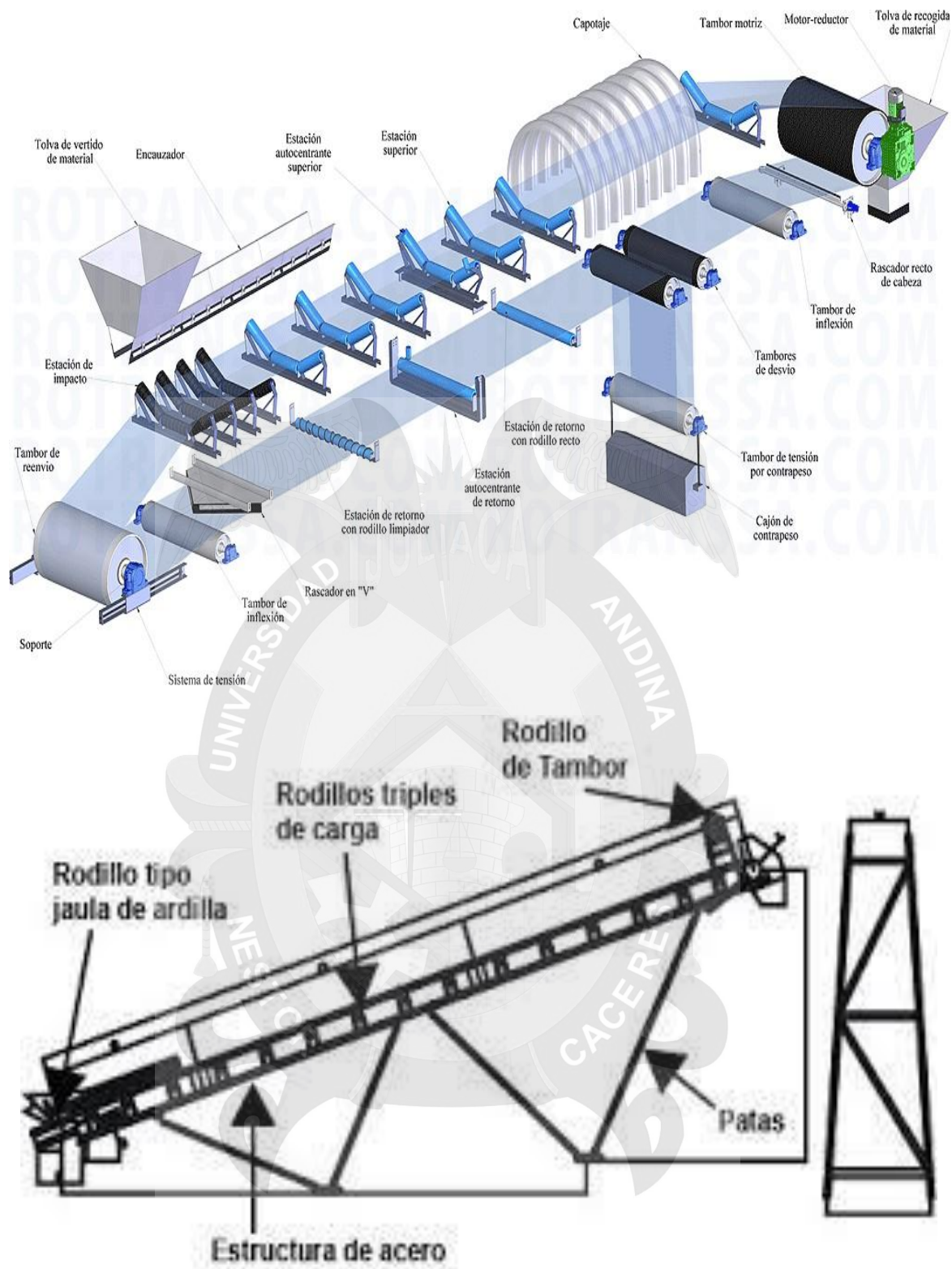


Figura N° 2. Partes de una faja transportadora.

Fuente (3): www.retranssa.com



Figura N° 3. Faja transportadora marca BETOMAC 36" x 35.5 m Concretos Supermix S.A.

Fuente:(1): Propia Concretos Supermix S.A

1.1.4. FAJA

Como se puede indicar y mencionar, la faja es un mecanismo móvil que es plana y cerrada que tiene ciertas distancias 0,6 m de ancho hasta 2,0 m. A la vez funciona como transporte de materiales puesto que este hecho según las necesidades. Su recorrido normalmente es en línea recta y puede también tener una pendiente de hasta unos 45° grados si los materiales transportados lo permiten.



Figura N° 4. Vista de la Faja transportadora marca BETONMAC 36" x 35.5mt Supermix S.A.

Fuente:(1): *Propia Concretos Supermix S.A*

1.1.5. TAMBOR DE TRACCIÓN.

Es el lugar principal donde produce el movimiento de la faja transportadora mediante un tambor o cilindro que da movimiento y tracción a la faja transportadora. Asimismo, la velocidad del giro del tambor es la misma que lleva la faja transportadora en todo su recorrido. También a la vez la potencia es generada por un motor eléctrico de corriente alterna y a la velocidad que se requiere.



Figura N° 5. Vista del cabezal de tracción

Fuente:(1): *Propia Concretos Supermix S.A*

1.1.6. MOTOR DE FUERZA.

Normalmente se encuentran ubicados en los cabezales de fuerza o tracción y normalmente estos están unidos a la moto reductora y la velocidad de rotación se intercambia por mayor potencia. También se debe tomar en cuenta la alineación del motor eléctrico con la faja y también con la moto reductora para que estén acoplados correctamente con los componentes de movimiento de la faja transportadora.



Figura N° 6. Vista del motor de tracción

Fuente:(1): Propia Concretos Supermix S.A

1.1.7. RODILLOS.

Los polines son los componentes dentro de la faja transportadora ya que estos cumplen el trabajo de sostener durante todo el recorrido de la faja transportadora y con todo el material transportado. Normalmente se les puede ubicar en módulos, estos módulos tienen 3 rodillos que se encuentra en horizontal y los polines laterales se encuentran opuestos. Los módulos de polines se encuentran ubicados a una distancia de 1,5 m para evitar pandeos, sin embargo, no podemos decir que todos los rodillos son iguales en la faja transportadora puesto que de acuerdo a su posición tenemos varios tipos de rodillos.



Figura N° 7. Vista de los rodillos

Fuente:(1): Propia Concretos Supermix S.A

1.1.8. RODILLOS AUTO ALINEABLES.

Estos tienen la función de guiar la faja transportadora durante todo el tiempo que estará en funcionamiento dentro de la empresa, pero con el tiempo llega a desalinearse causando el derrame del material transportado.



Figura N° 8. Vista de los rodillos auto alineables

Fuente:(1): Propia Concretos Supermix S.A

1.1.9. RODILLOS DE IMPACTO

Estos están cubiertos por un caucho y estos tienen la forma de pequeños discos que normalmente absorben todo el impacto durante la caída del material sobre la faja transportadora.



Figura N° 9. Vista de los rodillos de impacto

Fuente:(1): Propia Concretos Supermix S.A

1.1.10. RODILLOS DE CARGA.

Estos son los que hacen el trabajo de soportar a la faja transportadora durante todo el camino. Es plano para poder evitar deformaciones durante toda su trayectoria de la faja. Son los componentes más numerosos que puede visualizar en la faja transportadora y que contienen en su interior rodamientos que pueden ser sellados. Estos rodillos necesitan un mantenimiento constante para así alargar la vida útil del componente.



Figura N° 10. Vista de los rodillos de carga

Fuente:(1): Propia Concretos Supermix S.A

1.1.11. RODILLOS DE RETORNO.

Estos están ubicados en la parte inferior de la faja transportadora y estos solamente soportan a la faja durante su retorno ya que esto se encuentra sin material de carga se debe revisar que se encuentren libres de materiales que puedan causar algún daño a la faja como agrietar la faja.



Figura N° 11. Vista de los rodillos de retorno

Fuente:(1): Propia Concretos Supermix S.A

1.1.12. BASTIDOR

Es elemento estructural fijo de la faja transportadora. Permiten proporcionar el soporte a la faja o cinta incluyendo el material transportado desde el punto de carga hasta el punto de descarga del material, contiene a los rodillos y también a la estructura como mamparas y tolvas que evitan el derrame del material.



Figura N° 12. Vista del bastidor con los módulos de rodillos

Fuente:(1): Propia Concretos Supermix S.A

Cuadro N° 1. Datos técnicos de la faja transportadora BETONMAC 36" x 35.5m

1.1 DATOS TECNICOS GENERALES	
DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Ancho de la faja	36 "
Dist. C/C final	35.5 MT
Polín de carga	Ø5 " CEMA C
Polín de impacto	Ø5 " CEMA C
Polín de retorno	Ø5 " CEMA C
1.2. TRANSMISION	
1.2.1. MOTOR	
DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Motor:	ICC (AC motor)
Potencia:	50 HP
Velocidad:	1770 RPM
Tensión:	208-230//460 V, 60 Hz
Fases:	Trifásico
F. servicio:	1.15
1.2.2. REDUCTOR DE VELOCIDAD	
DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Marca	TRIHO
Tipo.	Shafft Mounted ICC / 615
Tamaño	6
Backstop	SI

Polea de transmisión Motriz	Ø 225mm, 04 canales tipo B
Polea de transmisión Conducida	Ø 365mm, 04 canales tipo B
Faja de transmisión :	B 85
Velocidad de la faja	1.78 m/s
Capacidad del trabajo	410TPH
Capacidad del diseño	472TPH

1.3. CAJA DE ALIMENTACION ELÉCTRICA

DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Energía principal	440 V(CA)
Frecuencia de alimentación eléctrica.	60 Hz
Fases	Trifásico
Tensión para control	Definir por el usuario final.

1.4. POLINES Y LONAS

ESTACIONES Y POLINES PARA FAJA TRASPORTADORA. -
Resumen estaciones:

Ítem	Cantidad	Descripción	Observaciones
1	04	CIT 535 - 36	Impacto triple a 35°
2	26	CNT - 535 - 36	Carga normal triple a 35°
3	14	RNS - 5 - 36	Retorno normal simple

1.4.1. POLINES (CEMA C5)

- Polín de carga Ø exterior 5", diámetro de eje 20mm, encastre 14mm, para faja de 36" con rodamientos completamente sellados.
- Polín de Impacto con disco de jebe Ø exterior 5", diámetro de eje 20mm, encastre 14mm, para faja de 36" con rodamientos completamente sellados.
- Polines de retorno Ø exterior 5", los diámetros del eje 20mm y el encastre 14mm para faja de 36" con rodamientos completamente sellados.



- **Polín de retorno rectos** Ø exterior 5", los diámetros del eje 20 mm, y el encastre 14 mm para alimentador de faja 36" con rodamientos completamente sellados.

1.4.2. LONAS

De acuerdo a la norma DIN 22131 e ISO 0247 son cubiertas especiales anti abrasiva. Se Obtiene las siguientes especificaciones:

DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Serie	EP-160
Tipo	Pylon – PL3- 400/3
Nº de lonas	3 lonas
Tensión de trabajo	330 PIW
Calidad de cubierta	
Espesor de cubierta superior	6.35 mm
Espesor de cubierta inferior	1.58 mm
Cantos o bordes de la faja	Abiertos
Espesor total	13.5 mm +/- 0.5mm
Cantidad	74 mts.

1.5. CHUMACERAS

Ubicación	Descripción	Diámetro	Cantidades
Faja Transportadora de Tipo BETONMAC			
Poleas de Cola	UCP	2-15/16"	2
Poleas Motriz	UCP	3"	2

1.6. POLEAS

DESCRIPCION	MOTRIZ	COLA
-------------	--------	------



Cantidad	1	1
Diámetro (Ø)	18 plg	16 plg
Longitud (L)	990mm	990mm
Tipo	Enjebado diamante	Auto limpiante
Enjebado de caucho	$e = 3/8" / 40 \text{ shore}$	N.A.
Eje y chaveta	Acero AISI 1045	Acero AISI 1045
Buje	Tipo Taper Lock	Tipo Taper lock

Fuente:(2): Manual de instalación y operación, de la faja transportadora BETONMAC de tipo stacker

36" x 35.5 m.



1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Empresa de Concretos Supermix S.A. tiene, como finalidad en su planta elaborar la mezcla de concretos para edificaciones y construcciones civiles; está ubicada en la carretera kilómetro 11 Caracoto; cuenta varias plantas a nivel nacional dedicado al mismo rubro.

El mantenimiento es poder alargar el estado de vida de todos los componentes y prevenir ciertos defectos de la faja o en caso contrario minimizar las fallas y paradas inesperadas de la faja transportadora y por consiguiente optimizar el proceso de producción de concreto premezclado. El paro en esta única faja transportadora estaría paralizando por completo la producción de concreto premezclado de forma que esta máquina desempeña la función principal en la empresa de carguío de piedra chancada de $\frac{3}{4}$ y arena.

El programa de mantenimiento está enfocado a las fajas transportadoras que constituye la etapa de programa de mantenimiento productivo (TPM), como un proceso industrial, reportes y resultados.



1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA.

1.3.1. PREGUNTA GENERAL.

PG. ¿De qué manera se puede realizar el análisis de fallas de los mecanismos de las fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A. mediante un programa de mantenimiento productivo?

1.3.2. PREGUNTA ESPECÍFICAS.

PE1. ¿De qué manera se puede determinar la lista de componentes críticos de los subsistemas de las fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A.?

PE2. ¿Qué condiciones y normas técnicas se asumiría en cuanto se refiere al análisis de fallas de los mecanismos de las fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A.?

PE3. ¿A cuánto asciende el costo del análisis de fallas de los mecanismos de las fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A. mediante un programa de mantenimiento productivo?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

OG. Realizar el análisis de fallas de los mecanismos de fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A. mediante un programa de mantenimiento productivo.



1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

OE1. Elaborar y determinar las listas de los componentes críticos de los subsistemas de las fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A.

OE2. Plantear normas técnicas que se asumiría para el análisis de fallas de los mecanismos de fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A.

OE3. Calcular el costo de la implementación del software para el análisis de fallas de los mecanismos de las fajas transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A.

1.5. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

El equipamiento de un programa de mantenimiento para la faja transportadora dentro de una empresa conretera conlleva una gran responsabilidad social y aporta en el desarrollo de una empresa ya sea directa o indirectamente.

En el presente proyecto de investigación se busca la manera detectar las fallas de los mecanismos de la faja transportadora ya que es la única faja transportadora que se encarga de alimentar de arena y piedra chancada de $\frac{3}{4}$ directamente a la balanza para su posterior carguío a los camiones mixer de 8 m³ y producción del concreto premezclado con destino al cliente, ya que si en algún momento falla la faja transportadoras encargada del abastecimiento de arena y piedra chancada de $\frac{3}{4}$ no habrá producción del concreto premezclado.

Las empresas concreteras encargadas de producir concreto premezclado hace que se haga necesario de un programa de mantenimiento para faja transportadoras de igual manera la implementación del proyecto pondrá a prueba la capacidad académica adquirida en nuestro centro de formación profesional.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Uno de los inconvenientes encontrados en el presente estudio de investigación fue el difícil acceso a los manuales de instalación de la faja transportadora BETONMAC ya que el propietario es la Empresa Concretos Supermix S.A.

De igual manera el escaso recurso económico con el que se cuenta para la realización de esta investigación limitó en cierta medida en la recolección de datos puesto que de contar con el recurso económico suficiente se alquilaría o compraría equipos de medición o herramientas para la obtención de los datos requeridos.

1.7. HIPOTESIS.

1.7.1. HIPOTESIS GENERAL.

HG. Si aplicamos un análisis de fallas de los mecanismos de las fajas transportadoras, entonces controlaremos el mantenimiento productivo de la faja transportadora en la Empresa Concretos Supermix S.A.

1.7.2 HIPOTESIS ESPECIFICA.

HE1. Si elaboramos un análisis permitiremos determinar las listas de los componentes críticos de las fajas transportadoras, entonces prolongaremos la vida útil de la faja transportadora de la Empresa Concretos Supermix S.A.

H.E.2. Si planteamos normas técnicas estandarizadas y según condiciones del fabricante y del proceso; entonces los instrumentos de control y los repuestos serán los correctos de la faja transportadora en la Empresa Concretos Supermix S.A.



H.E.3. Si calculamos el costo de la implementación de mantenimiento y de los componentes; entonces será factible la implementación para los componentes de la faja transportadora en la Empresa Concretos Supermix S.A.

1.8. VARIABLES.

1.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.

- Instrumentos de medición.
- Características de la máquina.
- Condiciones del trabajo de mantenimiento.

1.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE.

- Tipos de mantenimiento para la faja transportadora
- Mantenimiento de los componentes de la faja transportadora según horas de trabajo
- Implementación de equipos de control

1.8.3. VARIABLE INTERVINIENTE.

- Equipos de trabajo
- Ubicación
- Eficiencia
- Costos.

1.8.4. DEFINICION CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES.

Cuadro N° 2. Ficha técnica de definición de conceptual de las variables.

N°	VARIABLES	DEFINICION	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
1	INDEPENDIENTES <ul style="list-style-type: none"> ➤ Instrumentos de medición. ➤ Características de la máquina. ➤ Condiciones del trabajo de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Un instrumento de medición es un aparato que se usa para medir una magnitud física. ➤ Son los datos generales técnicos de la faja transportadoras y elementos móviles y fijos cuyo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Temperatura. ➤ Viscosidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Grados Fahrenheit (°F), Celsius (°C) y Kelvin (°K) ➤ Pascal segundos (Pa-s)
2	DEPENDIENTES <ul style="list-style-type: none"> ➤ Tipos de mantenimiento para la faja transportadora. ➤ Mantenimiento de los componentes de la faja transportadora. ➤ Implementación de equipos de control. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo. ➤ Para un buen control del equipo es necesario la implementación de formatos de inspección diaria. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Software Excel OEE. ➤ Formatos de inspección diaria. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Porcentaje (%) ➤ Formato de dirección general de mantenimiento de faja transportadora BETOMAC (F-DGMFT-B-01)
3	INTERVINIENTES <ul style="list-style-type: none"> ➤ Equipos de trabajo. ➤ Ubicación ➤ Costos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Un equipo de trabajo y maquinarias es un grupo de personas organizadas. ➤ Situación o lugar en el que se encuentra una cosa. ➤ Es el costo general de la investigación de la tesis. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Trabajadores. ➤ Zona geográfica Planta Supermix S.A – Caracoto. ➤ Faja Transportadora Soles 0 dólares 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ S/ o US\$

Fuente: Elaboración Propia

1.8.5. DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE.

Será necesario implementar un check list de inspección para el análisis del estado de la faja transportadora y luego implementar un check list de conformidad de mantenimiento de la faja transportadora BETONMAC 36 x 35.5 m y todos sus componentes que conforman una faja transportadora, las obtenciones de datos se realizaron en forma manual para el análisis del estado de la faja transportadora.

1.8.6. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.

La forma de toma de datos de la variable es directa.

El análisis de la faja transportadora y sus componentes dependerá mucho mediante un programa de mantenimiento productivo.

El estado de todos los componentes de la faja transportadora son parámetros que se utilizarán para el análisis de la faja transportadora mediante un programa de mantenimiento productivo.





CAPÍTULO II. MARCOTEÓRICO



2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

1.- "Podemos definir Mantenimiento Total Productivo T.P.M. como un sistema de Mantenimiento que busca la mejora continua de la Maquinaria y el logro casi a su 100% de EFICIENCIA del proceso - de PRODUCCIÓN... esta información me ha servido para poder alcanzar ansiadas metas que se implementan en un programa general de mantenimiento que se divide en programas paso a paso con tareas específicas y desarrolladas con pequeños grupos de acuerdo a técnicas desarrolladas" (3).

Estos programas de mantenimiento paso a paso son los siguientes:

Programa de mantenimiento autónomo: "Enfocado en el mejoramiento del equipo, Tomándolo desde el estado de deterioro en que se encuentre para ir mejorándolo lenta pero ininterrumpidamente hasta dejarlo como nuevo y juego mejorado en su diseño y automatización... el equipo se limpia lentamente para ir buscando fallas y defectos y para entrenarse en el conocimiento del equipo y de técnicas de mantenimiento... luego viene un programa de inspección planificada y corrección de la causa raíz de los daños. Sigue un programa de lubricación general y específica para el equipo donde se identificarán visualmente los puntos de lubricación y la estandarización de lubricantes es lo más importante" (3).

2.- "En estos días ya se están implementando en las industrias sistemas que utilizan la participación activa del personal calificado y delegando funciones este es el caso del TPM... el Mantenimiento Productivo Total es uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total dentro de una empresa es buscando el resultado final para lograr reducir las inversiones innecesarias" (4).



3.- “Los objetivos fundamentales del mantenimiento es asegurar y alargar la disponibilidad de los equipos de modo que las diferentes unidades de una empresa pueden cumplir con las funciones asignadas... necesidades de un mantenimiento: Para poder alargar la vida de los componentes primarios y secundarios de la máquina, por esto es necesario brindarle un correcto mantenimiento” (10).

Los deberes generales de un Servicio De Mantenimiento:

- 1) Debe de mantenerse todo los equipos y las instalaciones en un buen estado de conservación y en un correcto funcionamiento para así tener una gran calidad en los procesos de producción a menor costo.
- 2) Se debe prevenir defectos y detectar fallas tempranas y futuras que puedan afectar a la maquina en el proceso industria.
- 3) Es necesario tener las fechas claras donde se realizar el mantenimiento correspondiente para así lograr que el equipo funcione correctamente.

4.- “Menciona que en su trabajo se ha desarrollado el diseño eficiente de una faja transportadora para reducir el tiempo de parada ocasionado por fallas de las fajas convencionales para una planta chancadora de rocas en la cantera del rio Cabanillas, cuyo objetivo es reducir los tiempos de parada de la planta” (16).

5.- “Menciona que en su trabajo se ha desarrollado la importancia de una correcta instalación de la faja transportadora ya que estos elementos son de gran ayuda para el transporte de algún material de un punto a otro punto, basándose en la necesidad que presenta la Empresa Quimoalcali, S.A. del movimiento de material a la bodega de materia prima que permita el almacenaje de manera adecuada y rápida” (20).



2.2 BASES TEORICAS.

2.2.1 ANTECEDENTES DEL EMPLEO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO

TOTAL.

“El TPM será de mucha utilidad si lo adaptamos a nuestra manera de trabajar, en nuestro ambiente, y con nuestra gente. Esto por una simple razón, cuando el presidente de una empresa japonesa informa a sus empleados que va a instalar el TPM, ellos no se preguntan si funcionara, ellos se proponen lograr el objetivo con todos los recursos que poseen” (11).

2.2.1.1 LA FILOSOFIA DEL (TPM).

El mantenimiento productivo total (TPM) es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas mayores y menores en producción debidas al estado de los equipos. Esto supone (11).

- Cero averías.
- Cero tiempos muertos.
- Cero defectos achacables a un mal estado de los equipos
- Sin pérdidas de rendimiento o de capacidad productiva debidos a los restos de los equipos.

2.2.1.2 LA ETERNA PELEA ENTRE EL AREA DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN.

“Mantenimiento ha sido visto tradicionalmente con una parte separada y externa al proceso productivo. TPM emergió como una necesidad de integrar el departamento de mantenimiento y el de operación o producción para mejorar la productividad y la

disponibilidad" (11).

El TPM se base en unos principios:

- Implementación de un sistema de gestión y la eliminación de pérdidas.
- Implementación del mantenimiento productivo con el objetivo de cero perdidas.

2.2.1.3 LAS SEIS PÉRDIDAS DEL TPM.

"Mantenimiento Productivo Total se considera que una máquina industrial parada para efectuar un cambio una máquina averiada, una máquina que no trabaja al 100% de su capacidad o que fabrica productos defectuosos está en una situación intolerable que produce pérdidas a la empresa... TPM identifica seis fuentes de pérdidas denominadas las (seis grandes pérdidas) que reducen la efectividad por interferir con la producción de los cuales las más importantes son" (11).

1. "Puesta a punto y ajustes de las máquinas (o tiempos muertos) que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, o al hacer un ajuste" (11).
2. "Marchas en vacío, esperas y detenciones menores (averías menores) durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por problemas en la instrumentación, pequeñas obstrucciones" (11).

"El análisis cuidadoso de cada una de estas causas de baja productividad lleva a encontrar las soluciones para eliminarlas y los medios para implementar estas últimas" (11).



2.2.1.4 LA INTERVENCIÓN DEL OPERADOR EN LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO

La implementación del mantenimiento productivo total (TPM) en una organización significa que el mantenimiento está perfectamente integrado en la producción y así determinados trabajos de mantenimiento se han transferido al personal de producción que ya no siente el equipo como algo que reparan y atienden otros, sino como algo propio que tienen que cuidar el operador siente el equipo como suyo (11).

El mantenimiento en tres niveles:

- El nivel de operador que se ocupará de tareas de mantenimiento operativo muy sencillas como limpiezas, ajustes de pequeñas averías.
- Nivel de técnico integrado. Dentro del equipo de producción hay al menos una persona de mantenimiento que trabaja conjuntamente con el personal de producción, es uno más de ellos.
- “Para intervenciones de mayor nivel, como revisiones programadas que impliquen desmontajes complejos, ajustes delicados, etc, se cuenta con un departamento de mantenimiento no integrado en la estructura de producción... la intervención del operador de la planta en las tareas de mantenimiento es necesario por aquí sabrá qué tipo de planta está operando y cuáles son sus características y capacidades” (11).

2.2.1.5 LA IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN UN EMPRESA

“El Japan institute of Plant Maintenance (JIPM) desarrolló un método de siete pasos con el objetivo de lograr ciertos cambios en la empresa y la correcta implementación del programa” (11).

▣ Paso 1. Aseo.

Esta fase busca limpiar la máquina de polvo y suciedad a fin de dejar todas sus partes perfectamente visibles se implementa además un programa de lubricación y ajustes en la maquina (11).

▣ Paso 2. Medidas para descubrir las fallas.

Después de la limpieza a la máquina industrial es que ya no se vuelva a ensuciarse y a caer en el mismo estado en el que se encontraba (11).

Paso 3. procedimientos de limpieza y lubricación.

En esta fase se toma las funciones de mantenimiento primario o de primer nivel asignadas al trabajador de esa área: Actividades de limpieza, lubricación y ajustes.

▣ Paso 4. Inspecciones generales.

De manera tal que tenemos el personal adecuado para la limpieza, lubricación y los ajustes menores o mayores y en busca de fallas.

• Paso 5. Inspecciones autónomas.

Se alistan las gamas de mantenimiento autónomo o mantenimiento operativo se preparan listas de chequeo para los componentes de la máquina y debe ser realizado por el trabajador a cargo (11).



- **Paso 6. Orden y Armonía en la distribución.**

“Implementar procedimientos y estándares para la adecuada lubricación y limpieza de máquina y tener las herramientas adecuadas es la de gestión de calidad total lo que inspira el TPM” (11).

- **Paso 7. Optimización de la actividad.**

“De esta etapa tiene que desarrollarse una cultura hacia un mejoramiento continuo en toda la empresa. se toma los datos en que fechas fallo cierto componente y así poder analizar y darle una solución” (11).

1. “La Gerencia da a conocer a toda la empresa su decisión de poner en práctica TPM. El éxito del programa depende del énfasis que ponga la Gerencia General en su anuncio a todo el personal” (11).
2. Definimos un plan maestro de desarrollo de TPM que se traduce en un programa de todas las actividades y etapas.
3. Se define el sistema y se forman grupos autónomos de mantenimiento que inician sus actividades inmediatamente después de la partida oficial.
4. Implementación de un mantenimiento programado por el departamento de mantenimiento.
5. Iniciamos con las capacitaciones a los trabajadores de la planta para así poder reforzar y actualizar sus conocimientos.
6. “Por último, la implantación total de TPM y se obtiene un alto nivel de efectividad del equipo. Con este objeto se deben tener logros internos del programa TPM en los diversos departamentos de la empresa” (11).

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

2.3.1. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.

“El TPM enfoca sus objetivos hacia la mejora de la eficiencia de los equipos y las operaciones mediante la reducción de fallas, tiempos de cambio, y se relaciona, de igual forma, con actividades de orden y limpieza. En las que se involucran los propios trabajadores de la planta” (11).

- Mejoramiento en la calidad.
- Mejoramiento de la productividad.
- Flujos de producción continuos.
- Aprovechamiento del capital humano.
- Reducción de gastos de mantenimiento correctivo.
- Reducción de costos operativos.

2.3.2. PILARES DEL TPM.

Los pilares que se toman son:

1. Mejoras enfocadas.
2. El mantenimiento autónomo.
3. El mantenimiento planificado.
4. El control inicial.
5. El mantenimiento de calidad.
6. La educación y entrenamiento.
7. La seguridad y medio ambiente.

1.- MEJORAS ENFOCADAS.

“Las mejoras enfocadas son actividades desarrolladas con el propósito de mejorar la eficiencia global de los equipos y maquinarias, operaciones y del sistema en general. Dichas mejoras incrementales y sostenibles... los planteamientos de los objetivos de mejorar y sus correspondientes indicadores de rendimiento son establecidos por la dirección de mejoramiento, y ejecutados de forma individual o colectiva según la complejidad y criticidad del planteamiento” (11).

- El planteamiento del problema.
 - La implementación de soluciones de contención.
 - Elección e implementación de soluciones raíces.
 - Prevención de recurrencias del problema y causas raíces.
 - Reconocimiento del equipo de mejora enfocada.
-
- **Método de los pasos:**
 - Selección del tema.
 - Estructuras del proyecto.
 - Ver situación actual y establecer objetivos de mejora.
 - Diagnóstico del problema de estudio.
 - Formulación de un plan de acción.
 - Implantar mejoras.
 - Evaluación de resultados.

“Los pilares del TPM dan mejoras enfocadas aporta metodologías para llegar a la raíz de los problemas permitiendo identificar el factor a mejorar definirlo como meta y

estimar el tiempo para lograrlo, de igual manera, posibilita conservar y transferir el conocimiento adquirido durante la ejecución de acciones de mejora" (11).

2. EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.

"El mantenimiento autónomo trata de realizar diariamente actividades no especializadas, tales como son inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores ... los objetivos principales del mantenimiento autónomo son claros que ayudan a la conservación del equipo y sus componentes" (11).

- La adquisición de conocimiento y aprendizaje por medio del estudio del equipo.
- Desarrollar habilidades para el análisis y solución de problemas y a la mejora continua y a la gestión colaborativa.
- ▢ La mejora constante las funciones del equipo.



Cuadro N°3: Pasos de mantenimiento autónomo

ETAPAS	NOMBRES	DESCRIPCIONES
1	Limpieza inicial.	Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación "fugui"; ajustes menores.
2	Acciones correctivas.	Evitar que el equipo se ensucie nuevamente, facilitar su acceso, inspección y limpieza inicial; reducir el tiempo empleado en la limpieza profunda.
3	Preparación de estándares de inspección.	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y ajuste. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.
4	Inspección general.	"Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la verificación".
5	Inspección autónoma.	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo.
6	Estandarización.	Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos,

		controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Elaboración de procedimientos operativos estándar. Aplicación de estándares
7	Control autónomo pleno.	Aplicación de políticas de la empresa. Empleo de tableros de gestión visual (Andon), tablas MTBF y tableros Kaizen.

Fuente. (11): *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)*.

“El Mantenimiento Autónomo está enfocado por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento” (11).

El mantenimiento autónomo puede prevenir los siguientes:

- La contaminación por agentes externos
- Las rupturas de ciertas piezas
- El desplazamiento

3.- MANTENIMIENTO PLANIFICADO.

“Es también conocido con el nombre de mantenimiento programado o preventivo es el tercer pilar del mantenimiento productivo total y corresponde al mejoramiento

incremental y sostenible de los equipos y el sistema en general, con el propósito de lograr el objetivo de cero fallas" (11).

El mantenimiento planificado se basa en lo siguiente:

1. Actividades para prevenir y corregir averías en los equipos.
2. El mejoramiento de la gestión administrativa y técnicas de mantenimiento.

"El aporte del mantenimiento productivo total consiste en priorizar la información histórica necesaria para establecer las acciones específicas requeridas por equipo, de manera que se establezcan tiempos adecuados de mantenimiento, actividades precisas de alistamiento, acciones específicas de prevención a equipos con alto deterioro" (11).

incluso en organizaciones multinacionales con sistemas de gestión de mantenimiento implementado, por ejemplo:

- ▢ Las rutinas comunes de mantenimiento a equipos con niveles de deterioro diferentes.
- El listado de repuestos por equipo y sus respectivas órdenes de trabajo, desactualizados.
- ▢ Las instrucciones imprecisas de mantenimiento sin nivel de detalle.

"El mantenimiento planeado constituye un conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente la planta productiva a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones. Estos conjuntos de labores serán ejecutados por personal especializado en mantenimiento" (11).

- Los principales objetivos del mantenimiento planeado son:
- Reducir el coste de mantenimiento
- Reducción espera de trabajos
- Eliminar radicalmente los fallos

4.- CONTROL INICIAL.

“Desde este pilar se pretende reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento, así como incluir los equipos en proceso de adquisición para que su mantenimiento sea el mínimo” (11).

Se pretende con este pilar que sean:

- Fiables
- Fáciles de mantener
- Fáciles de operar
- Seguros

Lograr un arranque vertical (arranque rápido, libre de problemas correcto desde el principio).

5.- MANTENIMIENTO DE CALIDAD.

“El mantenimiento productivo total tiene como principal objetivo mejorar y mantener las condiciones de los equipos y las instalaciones en un punto óptimo donde sea posible alcanzar la meta de cero averías, es decir cero no conformidades de calidad” (11).

Estos son:

1. Clasificación de defectos e identificación del contexto, frecuencia, causas, efectos, y relaciones con las condiciones de los equipos.
2. Análisis de mantenimiento preventivo para identificar los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad.

“Es una estrategia de mantenimiento que tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el cero defectos es factible. Las acciones del MC buscan verificar y medir las condiciones cero defectos regularmente, con el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad” (11).

Este se basa en los siguientes puntos:

- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad
- Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para cero defectos y que esta se encuentra dentro de los estándares técnicos.
- “Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos” (11).
-

6. EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN.

“La metodología del mantenimiento productivo total requiere de la participación activa de todo el personal capacitado. El pilar de educación y capacitación se enfoca en el desarrollo de las competencias del personal” (11).

El pilar de educación y capacitación tiene como prioridades los siguientes objetivos principales:

- El desarrollo de personas competentes en términos de equipamiento: Actividades analíticas avanzadas de mantenimiento.
- El desarrollo de personas competentes en términos de gestión: Líderes de programas de mantenimiento autónomo, alistamiento, predicción, prevención, del programa de mantenimiento productivo.
- Desarrollo de habilidades y participación: Creación de una cultura colaborativa en relación con TPM.

El objetivo principal en este pilar es aumentar las capacidades y habilidades de todo el personal, dando instrucciones de las diferentes actividades de la empresa y como se hacen.

“Algunas de las ventajas que se obtienen son: Formar personales competentes en equipos y en la mejora continua de su área de responsabilidad... estimular el autodesarrollo del personal. Desarrollar recursos humanos que puedan satisfacer las necesidades de trabajo futuras. Estimular la formación sistemática del personal” (11).

7. LA SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE.

“En este pilar es necesario preservar la integridad de cada una de las personas y disminuir el impacto ambiental en cada operación, equipo o instalación de la organización... el propósito de este pilar consiste en crear un sistema de gestión integral de seguridad y medio ambiente con el objetivo de lograr cero accidentes y cero contaminaciones dentro y fuera de la empresa” (11).

La seguridad y medio ambiente tiene una serie de principios:

- ▣ Un equipo deteriorado expresa una fuente de riesgos.
- El desarrollo del mantenimiento autónomo identifica las de condiciones inseguras.
- El personal capacitado y polivalente asume con actitud crítica las condiciones de seguridad de su entorno.

El *Japan Institute of Plant Maintenance* propone nueve etapas estas son:

1. Seguridad en la limpieza inicial en el mantenimiento autónomo (MA).
2. Mejoramiento de los factores del equipo para evitar condiciones que producen trabajos inseguros.
3. Estandarización de rutinas de seguridad.
4. Formación de personas competentes para la inspección general del equipo en materia de seguridad.
5. Inspección general del proceso.

2.3.3. LOS MODOS DE DEFECTOS.

Cabe mencionar que en el anterior concepto una vez que se ha identificado cada falla, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos.

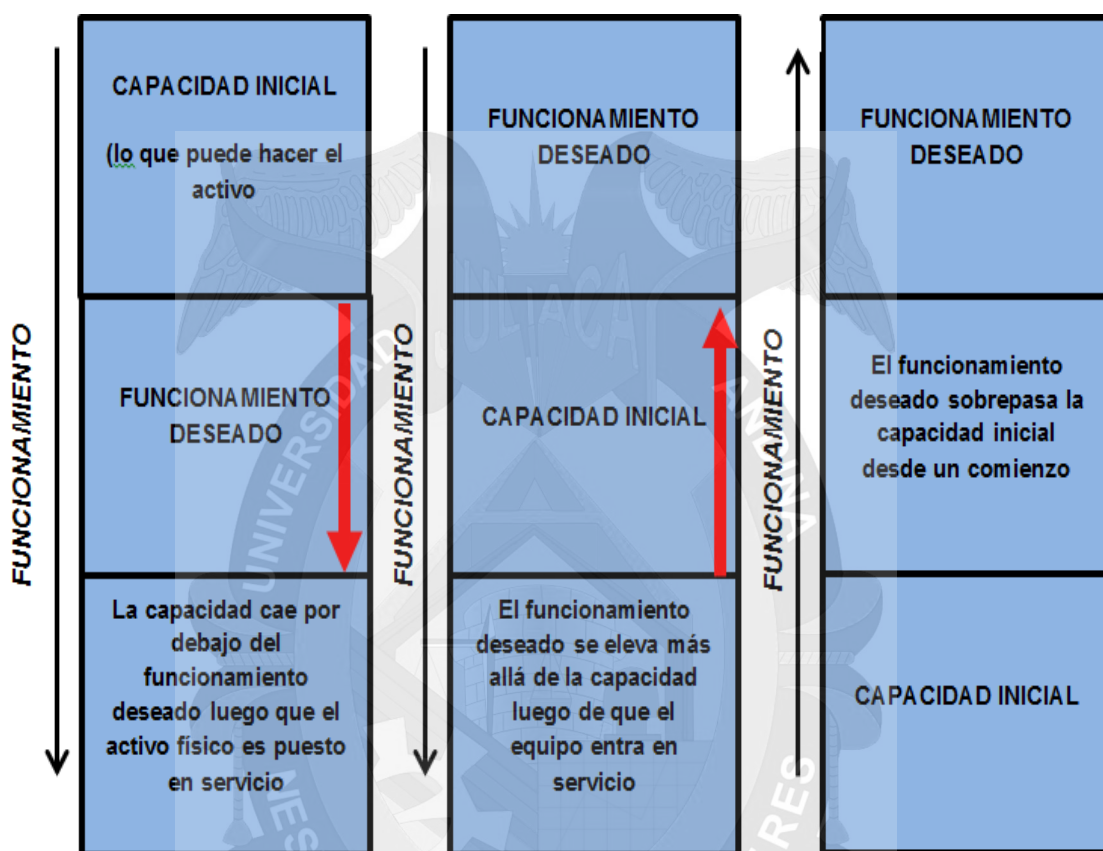


Figura n° 13. Categorías de los modos de defectos.

Fuente (13): Mowbray, 1997

2.3.4. LOS EFECTOS DE DEFECTOS.

“Hace ver una lista de las consecuencias de las fallas que describen lo que ocurre con cada una de fallas. Esta descripción debería incluir toda la información necesaria para apoyar la evaluación de las consecuencias de las fallas tal como” (13).

- ¿Cómo podemos solucionar si hay una falla?
- ¿En qué manera afectaría a la producción?
- ¿Una amenaza afectaría a la seguridad o al medio ambiente?

“El proceso de identificar funciones, fallas funcionales y efectos de falla trae asombrosas y muchas veces apasionantes oportunidades de mejorar el rendimiento y la seguridad, así como también eliminar desperdicios” (13).

2.3.5. CONSECUENCIAS DE DEFECTOS.

“El análisis detallado de una empresa industrial promedio probablemente muestre entre dos mil y diez mil posibles modos de fallas. Cada una de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes. Pueden afectar operaciones” (13).

- “Las consecuencias ambientales y para la seguridad: una falla tiene consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional” (13).

“Como veremos luego el proceso de RCM (Mantenimiento Basado en Riesgos) hace uso de estas categorías como la base de su marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento. Obligando a realizar una revisión de las consecuencias de cada modo de falla en relación con las categorías recién mencionadas” (13).

- Tareas proactivas: Estas tareas se emprenden antes de que ocurra una falla menor o mayor para prevenir que el ítem llegue al estado de falla.
- Acciones a falta de: Estas tratan directamente con el estado de falla y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva.

2.3.6. INDICADORES UTILIZADOS EN TPM

2.3.6.1. LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE).

“Conocida como OEE, por sus siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness) es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos” (19).

FORMULAS:

El tiempo total = Tiempo disponible + Tiempo planeado

El tiempo planeado = Reuniones, Comidas, MP, etc.

El tiempo disponible = Tiempo total – Tiempo planeado

El tiempo productivo = Tiempo disponible – Tiempo muerto

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$$

La capacidad productiva = Tiempo productivo x Capacidad estándar

La producción Real = Tiempo productivo x Capacidad real

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{produccion real} - \text{Unidades defectuosas})}{\text{Produccion total}}$$

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

Fuente (19). Ing.Brayan Salazar Lopez - www.ingenieriaindustrialonline.com



CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El presente estudio de investigación reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, en razón, que se utilizaron conocimientos de las ciencias, a fin de aplicarlas en el proceso del análisis de fallas de los mecanismos de fajas transportadoras en la Empresa concretos Supermix s.a. mediante el programa de mantenimiento productivo.

El tipo de investigación del presente proyecto es cuantitativo y cualitativo porque consisten en aplicar una serie de técnicas específicas con el objeto de recoger, procesar y analizar los distintos parámetros recopilados en el campo y una encuesta al personal de planta.

3.2. EL TIPO DE NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación corresponde de acuerdo al estudio de la investigación reúne por su nivel las características de un estudio descriptivo, explicativo y correlacionado; porque se describe los componentes principales de una faja transportadora, se intenta encontrar las causas del problema.

3.3. DESCRIPCION DEL AMBITO DE LA INVESTIGACION.

Ubicación del proyecto:

- Departamento de Puno.
- En la provincia de San Román.
- Distrito de Caracoto



Ubicación geográfica.

Empresa concretera Supermix S.A se ubica en la margen izquierda del camino a sí a la localidad de puno entre los $15^{\circ} 36''$ y $30^{\circ}49''$ de longitud Oeste y entre los $70^{\circ}06''$ y $17^{\circ}65''$.

3.4.- POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.4.1.- LOS MODELOS DE ENCUESTA APLICADA.

Este proyecto de investigación estará abarcando un límite. El modelo estadístico involucrado para la aplicación de la encuesta que determina el nivel de aceptación de las mismas personas directamente involucradas con las fajas transportadoras dentro de la empresa.

La implementación programa de mantenimiento trata de determinar si el personal de mantenimiento está familiarizado con los programas de mantenimiento actuales de la máquina con la cual está trabajando.

En el siguiente cuestionario se muestra a 18 trabajadores encuestados dentro de la empresa y en dicha encuesta arrojo los siguientes resultados.

¿EL TRABAJO QUE DESARROLLA ESTA INVOLUCRADO CON LA FAJA TRANSPORTADORA?

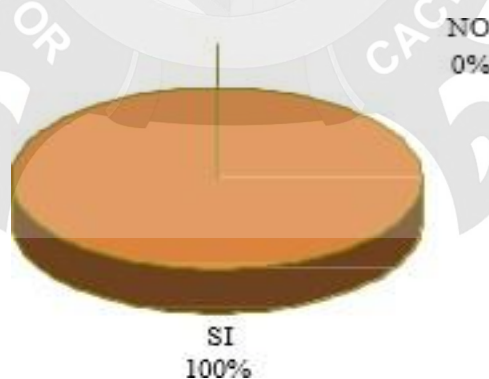
Grafico 3.4.1. Involucración de los trabajadores con la faja transportadora.



La encuesta fue diseñada desde un principio para ser aplicada a los trabajadores de la empresa concretos SUPERMIX S.A.

¿Conoce la importancia de la faja transportadora dentro de la Empresa?

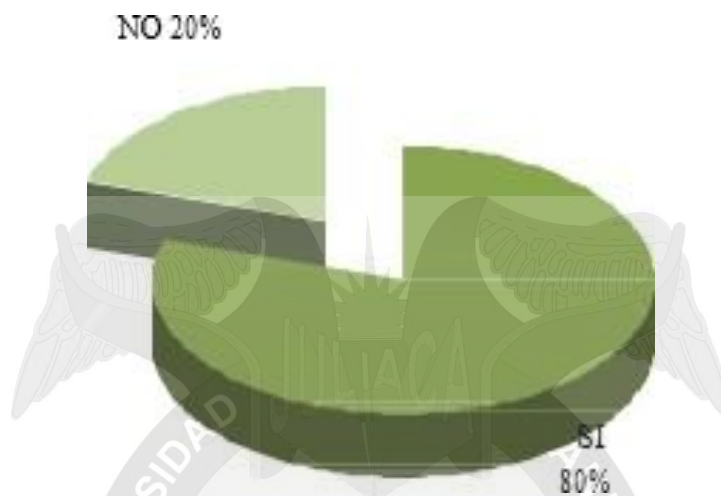
Grafico 3.4.2. importancia de la faja transportadora dentro de la empresa.



Los trabajadores de la empresa concretos Supermix S.A. son conscientes del papel que desempeñan la faja transportadora.

¿Sabe si actualmente existe un programa de mantenimiento para las fajas transportadoras?

Grafico 3.4.3. implementación de los programas de mantenimiento.



Fuente. Elaboración propia

Al no existir un procedimiento de rutinas de mantenimiento existe un alto nivel de desconocimiento. Ya que a través de esta tesis se pretende implementar un programa de mantenimiento que se lograra aportar a la empresa concretos Supermix S.A.

¿según usted cuántas fallas existen al mes en la faja transportadora?

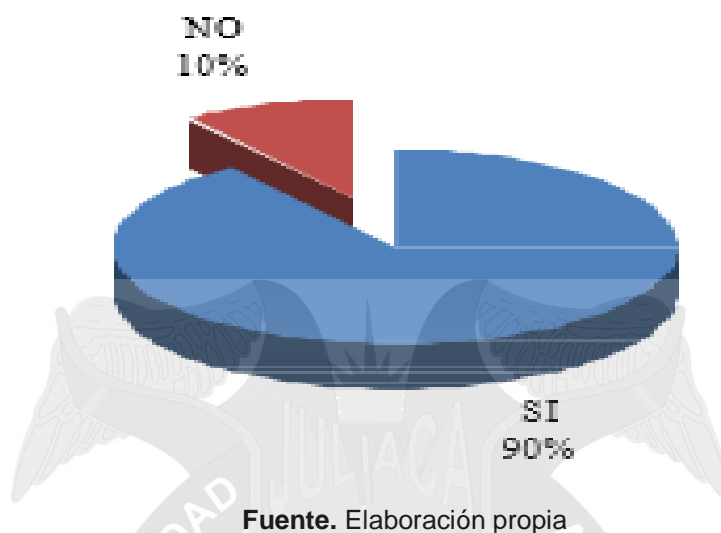
Grafico 3.4.4. Conocimiento de las fallas.



Fuente. Elaboración propia

¿según usted considera la pronta implementación de un programa de mantenimiento para la faja transportadora?

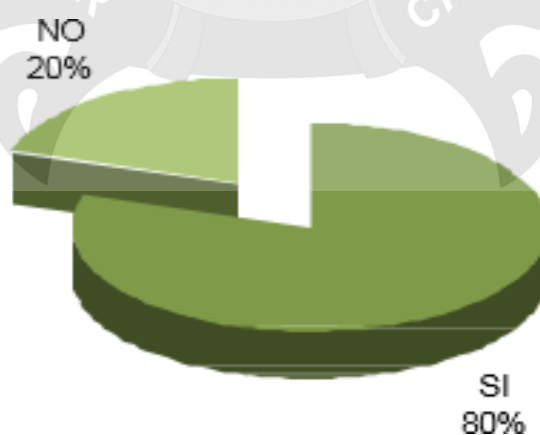
Grafico 3.4.5. La necesidad de implementar el programa.



Se aprecia que el 10 % de los encuestados considera que no es necesario implementar un procedimiento de mantenimiento .

¿según usted mejoraría la producción al contar con el programa de mantenimiento?

Grafico 3.4.6. Implementación del proyecto.



**¿la eficiencia en su trabajo mejoraría al aplicar el programa
de mantenimiento a la faja transportadora?**

Grafico 3.4.7. Mejora de eficiencia en caso de implementar.



3.5.- INDICADORES UTILIZADOS EN TPM.

3.5.1.- EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPOS (OEE)

“OEE, por siglas en inglés (Overall Equipment Effectiveness) es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos. Es un indicador poderoso que requiere de información diaria del proceso” (19).

Fórmulas:

El tiempo total = Tiempo disponible + Tiempo planeado

El tiempo planeado = Reuniones, Comidas, MP, etc.

El tiempo disponible = Tiempo total – Tiempo planeado

El tiempo productivo = Tiempo disponible – Tiempo muerto

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$$

La capacidad productiva = Tiempo productivo x Capacidad estándar

La producción Real = Tiempo productivo x Capacidad real

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad productiva}}$$

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{produccion real} - \text{Unidades defectuosas})}{\text{Produccion total}}$$

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

Fuente (19). Ing.Brayan Salazar Lopez - www.ingenieriaindustrialonline.com

Cuadro N° 4 . Efectividad Global de Equipos.

PLANIFICACIÓN	TIEMPO TOTAL		
	Tiempo disponible		Tiempo planeado
Disponibilidad (B/A)	A	Tiempo disponible	
	B	Tiempo productivo	Tiempo muerto
Rendimiento (D/C)	C	Capacidad productiva	
	D	Producción real	Ritmo reducido
Calidad (F/E)	E	Producción real	
	F	Piezas buenas	Defectos y retrabajos
OEE			

El valor que indica el cuadro de **OEE** tiene una valoración cualitativa.

OEE	Valoración	Descripción
0% - 64%	Deficient (Inaceptable).	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65% - 74%	Regular.	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75% - 84%	Aceptable.	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% - 94%	Buena.	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95% - 100%	Excelente.	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Fuente Ing.Brayan Salazar Lopez - www.ingenieriaindustrialonline.com

3.5.2.- EL TIEMPO MEDIO ENTRE LAS FALLAS.

Es un indicador que representa el tiempo promedio en el que un equipo funciona sin fallas, se obtiene de la siguiente manera:

EL Tiempo Productivo = Tiempo Disponible – Tiempo de Inactividad (Por Fallas)

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Numero de fallas}} \quad (12)$$

3.5.3.- EL TIEMPO MEDIO ENTRE LAS REPARACIONES.

Conocido como también M T T R, esto indica que el tiempo estimado que un equipo estará detenido mientras es reparado.

Como es así:

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Inactividad (Por Fallas)}}{\text{Numero de Fallas}} \quad (13)$$

3.6.- ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

“El análisis de criticidad nos dará a ver los elementos críticos de la máquina. Lamentablemente se dispone de recursos limitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo estos cuatro aspectos de todas las áreas de una empresa” (10).

3.6.1.- EL ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS.

El AMEF y el árbol lógico de decisión.

Asegurar q u e t o d o s l o s m o d o s de falla concebibles y sus efectos sean comprendidos.

- La Identificación de debilidades de diseño.
- El proveer alternativas en las etapas de diseño.
- El proveer criterios para prioridades de acciones correctivas.
- El proveer criterios para prioridades de acciones preventivas.

Hay distintas maneras de evaluar el AMEF y observamos a continuación.

Cuadro N°5 . Análisis de Modos y Fallas.

Plantilla de information del AMEF				Equipo de diseño:	Página. N°: 1	AMEF: N° 1			
Components: FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC				Williams Yuri. Gonzales Jimenez	Fecha: 11/06/16				
					conditions existents				
Los Subsystem	Función que desempeña	Modo de fallo y potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas de fallo	Controles actuales	G	O	D	NPR
1	Motor eléctrico con reductor de engranes de paso helicoidal	1.- Es la parte donde se genera el movimiento de la faja mediante las poleas que transmiten tracción a la faja.	A) Desgaste en los engranajes.	Fisura y/o rotura	Sobre esfuerzo de los engranajes	8	6	4	192
			B) Juego entre tambor y eje Principal.	Falla al eje principal	Inadecuado apretamiento del tambor y los soportes	8	1	4	32
			C) Desgaste de chumaceras	Aumento de vibración	Falta de lubricación	8	1	6	96

Fuentes: Propia

“Dentro de los desarrollos del AMEF se determina el NPR (Número de prioridad de riesgo) el cual se da por la multiplicación por tres índices de probabilidad de los cuales son la **Gravedades o Severidades**, el nivel de **Ocurrencias** y por la facilidad de **Detección**” (14).

$$NPR = G \times O \times D$$

Gravedades o Severidades: La probabilidad de las fallas en el proceso está

basada únicamente en el efecto de fallas; todas las causas potenciales de falla para un efecto particular (14).

Ocurrencias: la frecuencia en la cual se presentan las fallas sea mayor o menor cuando se asigna esta clasificación se deben considerar dos probabilidades.

- Las probabilidades de que exista una falla mayor o menor.

Detecciones o probabilidades: Para que el índice de prioridad crezca de forma análoga del resto de índices a medida que aumenta el riesgo.

Los puntajes para los valores de NPR.

Cuadro 6: Los puntajes para las elaboraciones del AMEF.

Las gravedades	
Las descripciones	Los puntajes
imperceptible	1
Escasa, falla menor	2 - 3
Baja, fallo inminente	4 - 5
Media, fallo pero no para el sistema	6 - 7
Elevada, falla crítica	8 - 9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10
Las ocurrencias	
Las descripciones	Los puntajes
una falla en más de dos años	1
una falla cada dos años	2 - 3
una falla cada un año	4 - 5
una falla entre seis meses y un año	6 - 7
una falla entre 1 a 6 meses	8 - 9
una falla al mes	10
Las detecciones	

Obvia	1
Escasa	2 - 3
Moderada	4 - 5
Frecuente	6 - 7
Elevada	8 - 9
Muy elevada	10

Fuente (18). DA COSTA BURGA, M. 2010

Las características de análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo):

NPR > 200 se considera inaceptable.

200 > NPR > 125 se considera reducción deseable.

125 > NPR se considera aceptable.

3.6.2.- LA CONFIABILIDAD Y LA DISPONIBILIDAD.

“Es muy importante notar que la definición del Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF del inglés Mean Time Between Failures) ... se entiende entonces que el MTBF impacta tanto a la confiabilidad como a la disponibilidad, así se citan las definiciones de estos términos” (18).

La Confiabilidad:

“Son las habilidades de un sistema o componente para desarrollar sus funciones bajo condiciones pre-establecidas durante un período de tiempo especificado... En otras palabras, es la probabilidad de que los sistemas o componentes tengan éxito durante el tiempo de la misión identificada, sin fallas” (18).

La Disponibilidad:

Por otro lado, es el grado al cual un sistema o componente es operacional y accesible cuando se requiere su uso.



CAPÍTULO IV. INGENIERÍA DEL PROYECTO

4.1 ANALISIS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) DE LA FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC 36" X 35.5m.

Para elaborar el análisis de Mantenimiento Productivo total (TPM), lo primero que se realizará es la toma de datos de mantenimientos y también reportes de fallas dentro de la Empresa Concretos Supermix.

Respectivamente se realizará clasificación de la información y el ordenamiento, empezaremos a calcular los parámetros y datos necesarios para el análisis y el reporte de fallas de la Faja transportadora BETOMAC 36 X 35.5m


El tiempo que se tomó para el análisis del TPM está comprendido entre febrero 2016 y enero de 2018, e l tiempo establecido para realizar el análisis para la implementación del mantenimiento productivo total (TPM).

4.1.1. LOS CALCULOS E INDICADORES UTILIZADOS EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.

Para el cálculo de la efectividad global de equipos (OEE) utilizamos el software de Excel.

En la siguiente tabla se ve los datos de frecuencia de fallas durante los años de recopilación de datos y son introduce al software, cual nos dará un resultado al finalizar el proceso de mantenimiento para la Empresa Concretos Supermix S.A.

TABLA N° 1 . Software Para el Cálculo de Efectividad Global de Equipos (OEE)



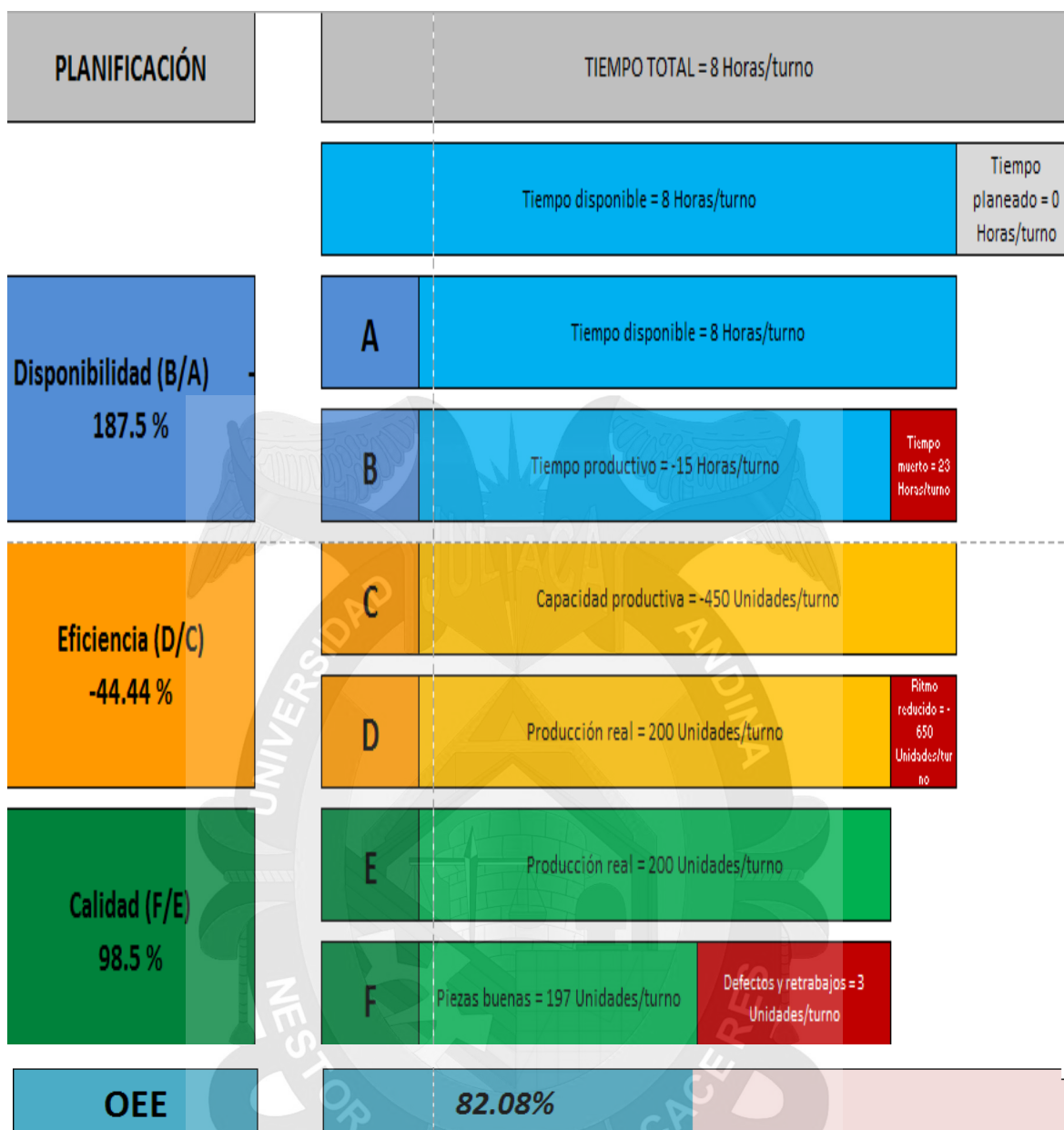
EFFECTIVIDAD TOTAL DE LOS EQUIPOS - OEE (OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS)

Unidad de tiempo	Horas				
Tiempo estándar de fabricación	30	Unidades/hora	Tiempo disponible	8	Horas/turno
Tiempo por turno	8	Horas/turno	Tiempo muerto	23	Horas/turno
Tiempo planeado (comidas, reuniones, juntas, etc.)	0	Horas/turno	Tiempo productivo	-15	Horas/turno
Tiempo de paradas	5	Horas/turno	Tiempo eficiente	7	Horas/turno
Tiempo de alistamiento	5	Horas/turno	Disponibilidad	-187.50%	Tasa
Tiempo de cambios	5	Horas/turno	Capacidad productiva	-450	Unidades/turno
Tiempo de esperas	8	Horas/turno	Eficiencia	-44.44%	Tasa
Producción real	200	Unidades/turno	Calidad	98.50%	Tasa
Número de unidades defectuosas	1	Unidades/turno	Tiempo de calidad	6.5666667	Horas/turno
Número de unidades remanufacturadas	2	Unidades/turno	OEE	82.08%	

Fuente (19).

A continuación, después de haber introducido los datos al software de cálculo de efectividad global de equipos (OEE) en la tabla N° 1 obtuvimos unos resultados que se verá a continuación en la tabla N° 2.

TABLA N° 2 . Interpretación de los resultados del cálculo de Efectividad Global de Equipos (OEE)



Fuente (19).

El valor obtenido en el indicador **OEE** es:

$$\text{OEE} = 82.08\%$$

Un **OEE** del 82.08% puede considerarse como aceptable. Continuar la mejora para superar el 85%.

El valor obtenido en el software nos indica una valoración, veremos la interpretación en la siguiente tabla:

TABLA N° 3 . Interpretación de los resultados del (OEE)

OEE	Valoración	Descripción
0% - 64%	Deficiente (Inaceptable).	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad.
65% - 74%	Regular.	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75% - 84%	Aceptable.	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% - 94%	Buena.	Entra en valores de Clase Mundial. Buena competitividad.
95% - 100%	Excelente.	Valores de Clase Mundial. Alta competitividad.

Fuente (19) .

4.1.2.- CÁLCULO DE LOS TIEMPOS MEDIOS ENTRE FALLAS.

La determinación del tiempo medio entre las fallas para la faja transportadora debemos utilizar la formula.

Es necesariamente hallar los dichos valores utilizando los datos de las horas de trabajo y horas de parada del equipo.

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Numero de fallas}} \quad (12)$$

El tiempo de producción de 8 Horas diarias, entonces sacando para 2 años de productividad es: 5184 Horas

$$8 \text{ Horas Diarias} \times 27 \text{ Días de trabajo} = 216 \text{ Horas al Mes}$$

$$216 \text{ horas al Mes} \times 24 \text{ Meses} = 5184 \text{ Horas de Trabajo.}$$

El tiempo de productividad es de: **5184** Horas.

El número de fallas durante esos 2 años de trabajo:

9 Fallas.

Entonces Calculamos el tiempo medio entra fallas de la faja transportadora.

$$MTBF = \frac{5184}{9}$$

MTBF = 576 horas aproximadamente

4.1.3.- LOS TIEMPOS MEDIOS ENTRE REPARACIONES.

Para determinar el tiempo medio entre las reparaciones para la faja transportadora debemos utilizar la formula.

Usamos los datos anteriores para hallar los siguientes valores para poder calcular la MTTR.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo Inactividad (Por Fallas)}}{\text{Numero de Fallas}} \quad (13)$$

Empezamos reemplazando los siguientes valores.

$$MTTR = 72 \text{ Horas} / 9$$

$$MTTR = 8$$

4.2.- EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD Y AMEF.

El correcto análisis de criticidad y AMEF de los equipos es importante reconocer los principales sub sistemas que componen una Faja Transportadora.

- Sistema tambor de retorno.
- Sistema bastidor y cojinetes.
- Rodillos polines de carga.
- Sistema de estación de impacto.
- Motor eléctrico principal con su reductor y eje motriz.

4.2.1.- LOS PRINCIPALES ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS.

El **AMEF** se realizó para cada uno de los sub sistema de la faja transportadora y se muestran en los siguientes cuadros.

Cuadro N°7: Sub sistema Análisis del Motor eléctrico con reductor de engranajes.

Plantilla de information del AMEF				Diseñado por:	Página N°: 1				AMEF N°: 1		
Componentes: FAJA TRANSPORTADORA BETONMAC				Williams Y. Gonzales Jimenez	Fecha: 11/06/16						
					Las condiciones existentes						
Subsistema		Funciones que desempeña	Modo de fallas y potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas de fallo	Medidas actuales de control	G	O	D	NxPxR	FREC
1	Motor eléctrico con reductor de engranes de paso helicoidal	1.- Es la parte donde se genera el movimiento de la faja mediante poleas que son tambores o cilindros que mediante su movimiento giratorio transmiten traccion a la faja.	A) Desgaste en los engranajes.	Fisura y/o rotura	Sobre esfuerzo de los engranajes	Cambio de engranajes Y mantenimiento	8	6	4	192	TRIMESTRAL
			B) Juego entre tambor y eje Principal.	Daño al eje principal	Incorrecto ajuste del tambor y los soportes	Ajuste de tambor y un correcto alineamiento	8	1	4	32	MENSUAL
			C) Desgaste de chumaceras	incremento de las vibraciones	Deficiencia en la lubricación	Lubricación adecuada	8	3	4	96	SEMANAL

Fuente: propia



Cuadro N°8: Sub sistema Batidor y cojinetes.

Plantilla de información AMEF.					Diseñado por:	Página. N°: 2				N° AMEF: 2	
Componentes: FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC					Williams Yuri. Gonzales Jimenez	Fecha: 11/06/16					
						Las condiciones existentes					
Subsistema		Función que desempeña	Modo de fallo y potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas de fallo	Controles actuales	G	O	D	NxPxR	FREC
2	Bastido,cojinetes y polines de carga	1.- Soporte de fijación del todo el equipo de la faja transportadora y sus componentes	A) Daño en los pernos de sujetacion.	Desprendimiento de bastidor y cojinetes	Exceso de carga y carga dura	Ajusto de pernos y sellado con locktite	8	1	4	32	Mensual
			B) Juego entre tambor y eje Principal.	Desprendimiento.	agotamiento	Cambio de los sujetadores	8	2	1	64	Trimestral
			C) Excesiva soldadura en los cojinetes.	Desgaste de rodamiento	Vibracion excesiva	Lubricacion y cambio de rodamientos	8	1	4	32	Mensual
			Juego en los polines de carga	Desgaste	Polución y fatiga	Cambio de polines	8	2	1	16	Trimestral

Fuente: propia



Cuadro N°9 : Sub sistema Eje Principal del motor al tambor.

Plantilla de information AMEF					Diseñado por:	Página N°: 3				AMEF: N° 3	
Componentes: FAJA TRANSPORTADORA BETONMAC					Williams Yuri. Gonzales Jimenez	Fecha: 11/06/16					
						Las condiciones existentes					
Subsistemas		Funciones que desempeñan	Modos de fallas y potencial	Efectos potenciales de fallas	Causas de fallas	Medidad actuales	G	O	D	NxPxR	FREC
3	Eje principal del motor al tambor	1.- Transmitir movimiento del motor reductor al tambor	A) temperatura elevada dentro de la carcasa.	Quemadura del eje	Amarre de bocinas del eje principal	Cambio de bocinas	4	1	4	16	Anual
			B) Juego axial entre cojinetes.	Desgaste de los rodajes de la chumatera	Fatiga y falta de lubricación	Lubricacio adecauda	8	2	4	64	Trimestra
			C) Falta de lubricación y desgastes de bujes	Desgate de bujes	Entrada de polvo a bujes, falta de limpieza	Sellado de bujes con silocona	7	2	6	84	semestral

Fuente: propia

Cuadro N°1 0 : Sub sistema de la faja transportadora.

Plantilla de la información AMEF				Diseñado por:	Página. N°: 4			AMEF: N° 4			
Sistema: FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC				Williams Yuri Gonzales Jimenez	Fecha: 11/06/16						
					Las condiciones existentes						
Sub sistemas		Funciones que desempeñan	Modo de fallas y potencial	Efectos potenciales de fallo	Causas de fallas	Medidas actuales	G	O	D	NxPxR	FREC
4	Faja transportadora	1.- Transporte del material piedra de ¾ y arena de un punto a otro punto	A) Derrame de material de la faja durante el traslado.	Desprendimiento de las grapas o vulcanizado	Tensado inadecuado de la faja transportadora	Tensar correctamente la faja transportadora	5	7	5	175	Anual
				Rodillos guidores en mal estado	Fatiga y falta de lubricación	Lubricación adecuada	8	2	4	64	Trimestral

Fuente: Propia

CUADRO N°11 . Sub sistema del tablero de control.

Plantilla de información AMEF				Equipo de diseño:	Página N°: 5	AMEF: N ° 5					
Componentes : FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC				Williams Yuri. Gonzales Jimenez	Fecha: 17/07/16	Las condiciones existentes					
Sub sistemas	Función que desempeña	Modo de fallo y potencial	Efectos potenciales de fallo		Causas de fallo	Medidas actuales	G	O	D	NxPxR	FREC
5	Tablero de control de la faja transportadora	1.- control de todo el sistema eléctrico de la faja transportadora	A) Daño en los terminales, conductores y circuitos	Desprendimiento de los conductores y corto circuito	Sulfatación o corrosión de los terminales y golpes en los conductores	Limpieza y mantenimiento de circuitos y componentes eléctricos	2	8	6	96	Mensual

Fuente: Elaboración propia

4.3.- PLAN DE MANTENIMIENTO ADJUNTO PARA LA FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC.

En el siguiente cuadro, se muestra el plan de mantenimiento para la faja transportadora BETOMAC 36" x 35.5 m.

CUADRO N° 12 . Acciones de Mantenimiento de la Faja Transportadoras BETONMAC causas y soluciones.

PLAN DE MANTENIMIENTO DE LA FAJA TRANSPORTADORA BETONMAC TIPO STACKER 36" x 35.5 m. CAUSA Y SOLUCIONES	
1	La estructura de la faja transportadora dañado. Enderezar zona afectada.
2	Los rodillos no a escuadra. Rectificar el alineamiento de los polines.
3	Los rodillos trancadores. Desatorar los rodillos mejorar mantenimiento y lubricación.
4	Acumulación de materiales en rodillos y poleas: Quitar material acumulado y mejorar mantenimiento.
5	El empalme esta descentrado; rehacer el empalme teniendo especial cuidado en la alineación de ambas puntas de la faja.
6	Las cargas descentradas: es necesario ajustar chute para descargar el material en el centro de la faja.
7	Las fajas deslizan después de acondicionarla a la polea motriz.
8	Los derrames y/o acumulación de materiales; mejorar condiciones de carga en la transferencia de material.
9	La cabeza de los tornillos sobresalientes con respecto al recubrimiento en las poleas o ausencia de revestimiento. Apretar tornillo
10	La tensión excesiva reducir arco de contacto o aumentar velocidad. Reducir fricción con un mejor mantenimiento.
11	Los materiales acumulados y/o fijos a la estructura; mejorar la zona de traspaso. Reducir derrames.
12	El impacto de materiales sobre las fajas. Disminuir altura de caída instalar camas o polines de pacto.
13	Los materiales atrapados entre la correa y las poleas. instalar raspadores de retorno en las cercanías de las poleas.
14	Las fajas se salen de los rodillos llegado a tomar contacto con la estructura. aplicar las mismas correcciones mencionadas en la tabla
15	Los rodillos sucios, atorados o descuadrados; quitar acumulaciones de material,

16	Los tamaños incorrectos de las grapas para el diámetro de las poleas; revisar selección de grapas en base de la faja.
17	Los Espaciamientos entre polines excesivo. reducir espaciamento y/o cambiar la faja.
18	Contrapeso muy pesado; disminuir el peso del contrapeso según tensiones calculadas por diseño.
19	La resistencia a la tensión insuficiente; selección errónea de la correa. Calcular la tensión a la que estará sometida y volver a especificar.
20	Se observa el efecto guirnalda en forma exagerada. Aumentando la carga sobre los rodillos y generando desgaste prematuro de la faja. Aumentar la tensión si está demasiado baja. Reducir espaciamento entre polines.
21	El manejo y almacenamiento de la faja equivocado; consulte a su distribuidor sobre recomendaciones de manejo y almacenamiento de correas.
22	El empalme equivocado. consulte a su distribuidor sobre el diseño adecuado del empalme.
23	La faja trabaja fuera de la estructura; instalar rodillos de retorno autolineantes en las cercanías de la polea de retorno para lograr centrar la correa al momento de recibir la carga.

Fuente: Elaboración propia

4.4. ETAPAS PARA UN MANTENIMIENTO ADECUADO.

• Motores.

- Limpiar la superficie del motor.
- Prevenir la entrada de agua y suciedad en el interior del motor.
- “Bajo condiciones normales de servicio la carga de grasa de los rodamientos del motor dura varios años. Si las condiciones de servicio lo permiten, se limpiarán los emplazamientos y reemplazarán los rodamientos trascurridas **20000** h de servicio a más tardar después de tres años. El tipo de grasa para lubricar estos rodamientos debe cumplir con la calidad DIN 517825-K3N” (9).



- **Rodamientos.**

- Los rodamientos se extraerán, por principio, con la herramienta adecuada. Los espacios adyacentes se rellenarán con grasa del mismo tipo usada en los rodamientos.

- **Faja de transporte.**

- “La correcta conservación de la faja, en periodos largos donde se utilizará, es recomendable en primer lugar proteger de la intemperie, y el uso de mantas de estera o similar para la cubrición y protección. No se recomienda el uso de plásticos ya que aumentan la temperatura y así se deteriora más rápido la faja “(9).

- **Reductor.**

- Para la buena conservación del moto reductor no se recomienda instalar en lugares húmedos o expuesto a la intemperie.

- **Tambores.**

- “Para el mantenimiento de los rodamientos de los tambores o la lubricación de los rodamientos la máquina dispone de unos engrasadores en los soportes de los rodamientos. Esta operación podrá realizarse manualmente o con bomba de engrase” (9).
- Lubricante recomendado: Grasa de litio de engrase general.

- **Rodillos.**

- No necesitan mantenimiento. Los rodillos de la máquina tienen una duración limitada de **10000 h.** Debiendo ser sustituidos al terminar este periodo.



• **Reductor.**

- “El reductor que se suministra con la máquina tiene lubricación permanente, o sea, engrasado, viene desprovisto de tapones de carga nivel y descarga por no precisar ningún mantenimiento” (9).

• **Inspección diaria.**

- Pulsadores de parada de emergencia.
- Cables y conexiones eléctricas.

Comprobar periódicamente los elementos de fijación de la máquina, en caso de deterioro se deberá avisar a los servicios técnicos oficiales.

- Sustituya cualquier pegatina indicativa que se encuentre deteriorada o se haya extraviado.
- Si tuviera que desmontar las protecciones para realizar cualquier operación de mantenimiento, no olvide volver a colocarlas.
- Revisar periódicamente el estado de los latiguillos y conexiones, así como pérdidas de aceite, procediendo al cambio o reapriete de estos elementos en caso necesario.
- Revisar que no exigen fugas hidráulicas en ninguno de los componentes de la máquina.
- Comprobación de holguras en partes mecánicas.



4.5.- FORMATO PARA LA INSPECCION DIARIA DE LOS COMPONENTES DE LA FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC.

CODIGO DEL EQUIPO							RESPONSABLE:			
NOMBRE DEL EQUIPO:										
Marca los casilleros de la derecha que describan la condición de los componentes mostrados en la columna de la izquierda.	OK	REQUIERE LUBRICACION	REQUIERE AJUSTE	REQUIERE REEMPLAZO	REQUIERE LIMPIEZA	EXCESIVA VIBRACION	EXCESIVO CALOR	SUELTO	VER COMENTARIOS	ADICIONALES
1.-Faja Transportadora:										
A. Grampas										
B. Vulcanizado										
C. Lubricacion										
2.Tambor de cola y tambor de tracción										
A. Rodamientos										
B. Pernos de Fijación										
C. Base de Fijación										
D. Ruido										
E. Vibracion										
F. Temperatura										
3.- Motor Eléctrico:										
A. Base de Fijación										
B. Rodamientos										
C. Vibracion.										
D. Ruido										
E. Temperatura										
4.- Rodillos de Impacto:										
A. Ruido										
B. Base de Fijación										



C. Alineamiento										
5.- Rodillos de Estación Superior Carga.										
A. Base de Fijación										
B. Ruido										
C. Alineamiento										
6.- Rodillos Guiadores.										
A. Base de Fijación										
B. Ruido										
7.- Rodillos de Retorno.										
A. Base de Fijación										
B. Ruido										
8.- Tablero de Control.										
9.- Estructura de la faja										
10.- Tolva de vertido de material										
11.- Capotaje										
12.- Sistema de Tensión.										
<p>Nota: Revisar Nivel de aceite siempre.</p> <p><u>Comentarios Adicionales:</u></p>										

Fuente: Elaboración propia

4.6.- DETERMINACIÓN DE UN PLAN DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.

Podemos ver en las siguientes TABLAS de EXCEL los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos que se encuentra a continuación para el subsistema de la faja transportadora.

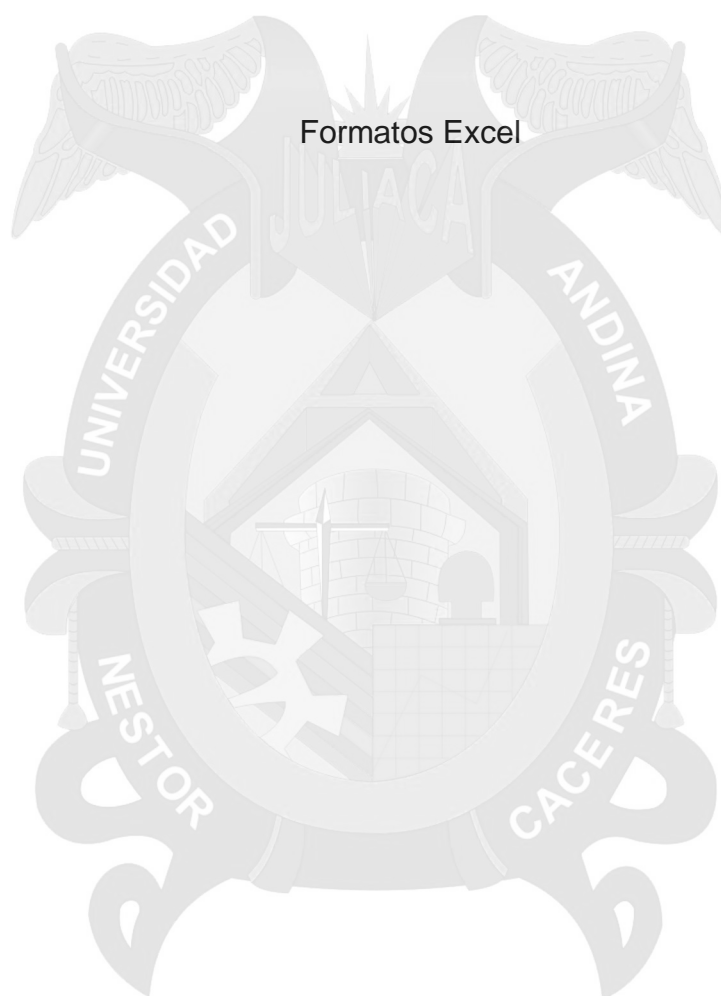


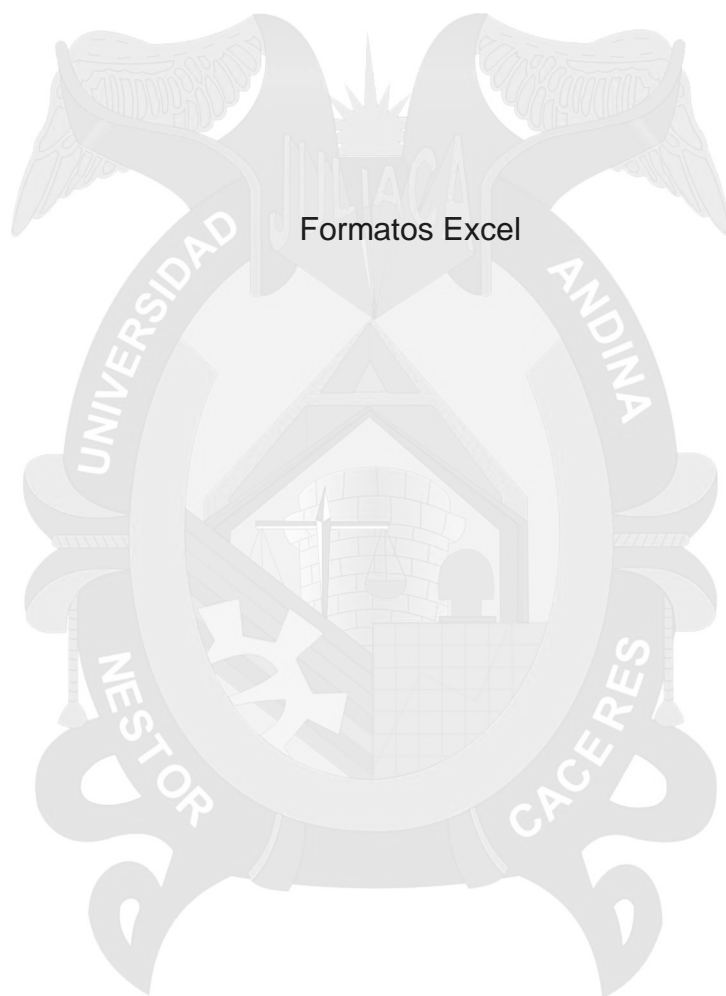
Formatos Excel





Formatos Excel





Formatos Excel



CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

5.1.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO (TPM).

la faja Transportadora BETOMAC de tipo STACKER 36" x 35.5m en el tiempo de investigación se realizó el análisis del mantenimiento productivo total TPM utilizando el OEE y se determinó q el mantenimiento productivo del subsistema de la faja transportadora BETOMAC de tipo STACKER 36" x 35.5m, dio como resultado 82.08 % para un tiempo de dos años de trabajo de la faja transportadora.

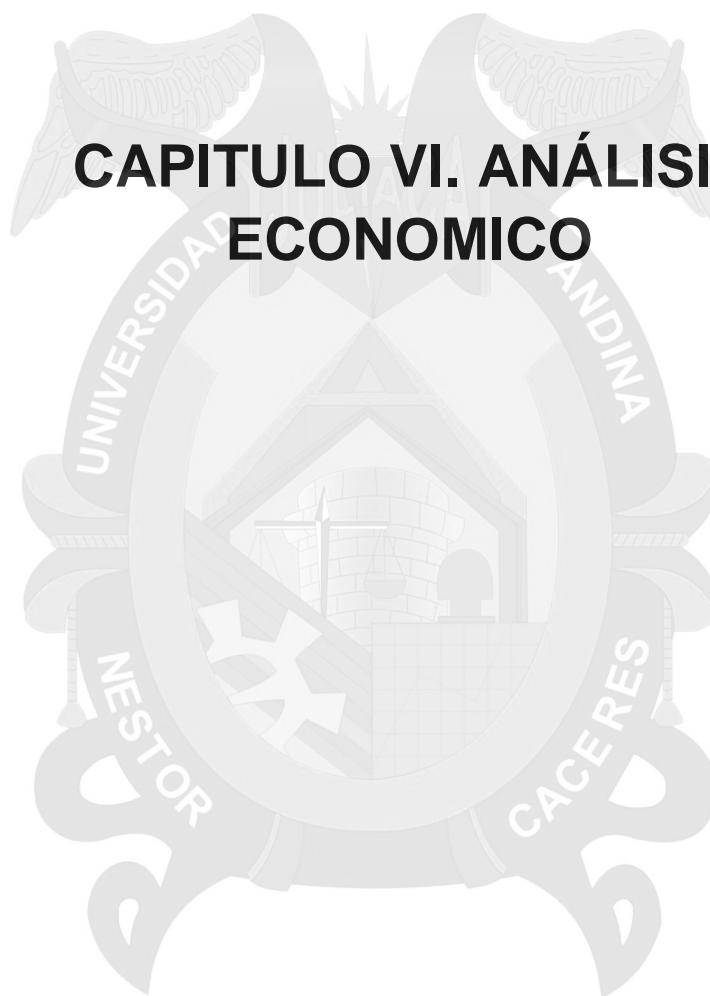
La distribución del OEE nos muestra como resultado un valor, que el equipo se encuentra bien por el momento puede considerarse aceptable, pero de debe continuar la mejora para superar el 85 %.

5.1.2. RESULTADOS DE FRECUENCIA DE FALLAS.

Realizamos el análisis de los subsistemas de la faja transportadora BETOMAC donde se determinó que durante esos 2 años de estudio la faja transportadora a tenido 9 fallas en todo el sistema que trabaja 8 horas diarias los que poseen mayor falla son los sistemas de polines de carga y de transporte y las chumaseras del tabor de retorno y tambor de fuerza.



CAPITULO VI. ANÁLISIS ECONOMICO





6.1. COSTO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM.

Se menciona en este capítulo que este proyecto es enfocado a eliminar las fallas de la faja transportadora a causas de no tener un plan de mantenimiento. Se pretende demostrar en este proyecto el costo económico de la creación de un plan de mantenimiento para la faja transportadora.

En el presente proyecto de investigación no incluye los beneficios intangibles que genera la implantación de mantenimiento productivo total TPM que en el medio y largo plazo tiene mucho peso.

6.2. COSTOS DE LA INVERSIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA FAJA TRANSPORTADORA BETOMAC DE TIPO STACKER 36" x 35.5 M.

El proceso de vulcanizado o grapa y revisión de la faja transportadora y todos sus subsistemas requiere de personal capacitado para que pueda realizar el mantenimiento correcto a la faja transportadora sin ningún percance o contratiempo que pueda retrasar el mantenimiento, pues se trata de una reparación única que puede comprometer la estructura de la faja transportadora. Como el personal ya está contratado, se requiere capacitar al personal a cargo del mantenimiento de la faja transportadora con un curso de 10 h de capacitación anual a cada técnico que está en los siguientes costos:

CUADRO N° 12. Costo de la capacitación al personal encargado del mantenimiento.

Costos fijos	Costos (s/)	Horas	Total (s/)
Sueldo capacitador	100.00	12	1200.00
Costos			
Horas hombre	59.40	12	690.00
breack	11.00	12	120.00
Materiales	1.25	12	15
TOTAL	168,75	12	2025.00

Fuente: Elaboración propia

Relación de fallas por fechas de parada de mantenimiento de la faja transportadora de en la siguiente tabla:

CUADRO N° 13. Historial de Mantenimiento de los subsistemas de la faja transportadora.

N°	DESCRIPCION DE MODO DE FALLA	FECHA	HRS EFECTIVAS	N° PERSONAL	HH
1	CAMBIO DE POLINES DE ESTACION SUPERIOR	10/02/2016	3	3	9
2	CAMBIO DE RODAMIENTOS DE LA CHUMASERA	20/05/2016	4	2	8
3	CAMBIO DE RODAMIENTOS DE LA MOTOR REDUCTOR	05/05/2017	5	2	10
4	CAMBIO DE LAS GUARDAS DE LA TOLVA DE DESCARGA	06/03/2017	2	2	4
5	CAMBIAR PERNOS/ AJUSTES BASE DE POLINES DE CARGA Y TAMBOR DE CARGA Y DESCARGA	22/08/2017	2	2	4
TOTAL			16		

Fuente: Elaboración propia

Este cuadro representa un costo por parada del equipo que se señala a continuación:

Las horas de parada del equipo promedio anual = $16/2 = 8$ horas/año

En la planta concretera se despacha diario 120m³ a más y el metro cubico de concreto depende al tipo de diseño del concreto sea f'c 210, f'c 280 y f'c 310

Lo que sacamos aquí nos basaremos en el tipo de concreto de diseño f'c 210 y el costo de 1m³ de concreto es de S/. 290.00

120 Cubos de Concreto es = S/. 34800.00 en 10 horas de trabajo diario

Costo de perdida de producción = 8 horas x S/. 3.480/hora

= 27,840.00 Por dos años

=S/. 13,920.00 anuales

En toses por lo tanto con la creación de un plan de mantenimiento, se logrará reducir las paradas inesperadas de la faja transportadora y los costos.

En las siguientes tablas se puede ver los costos unitarios por entrada. Dichos costos están involucrados al departamento de mantenimiento de la empresa concretos SUPERMIX S.A.

CUADRO N° 14. Costos de operación a través de la reparación.

Tipos de Vulcanizados	Duraciones
En Caliente	8 hrs por extremo
Vulcanizador	S/.332.07
Ayudante 1	S/.141.92
Ayudante 2	S/.141.92
Ayudante 3	S/.141.92
Grúa	S/.2,834.59
Operador de grúa	S/.332.07
Plancha	S/.1,141.92
Total	S/.6,066.42
Tipos de Vulcanizados	Duraciones
En Frío	4 hrs
Vulcanizador	S/.250.03
Ayudante 1	S/.70.96
Ayudante 2	S/.70.96
Ayudante 3	S/.70.96
Grúa	S/.1,417.30
Operador de grúa	S/.166.03
Cemento	S/.983.32
Total	S/.3,029.53
Tipo de Vulcanizado	Duración
Mecánico	2 hrs
Vulcanizador	S/.83.02
Ayudante 1	S/.35.48
Ayudante 2	S/.35.48
Ayudante 3	S/35.48
Grúa	S/708.65
Operador de grúa	S/.83.02
Grapas y pasador	S/1,694.16
Total	S/.2,675.29

En caliente	En frío	Mecánico
8hrs	4hrs	2hrs
S/.5,066.42	S/.3,029.53	S/.2,675.29

Fuente: Elaboración propia

Con el TPM, se tendría que disminuir las paradas inesperadas de la faja y minimizar los costos por pérdida de producción para el año 2018 – 2019 dentro de la planta Concretera Supermix S.A.- Caracoto.



CUADRO N° 15. Diferencia de costos por perdidas dentro de la Empresa concretos Supermix S.A.

Mantenimiento. correctivo		Mantenimiento Predictivo	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Motores ➤ Rodamientos ➤ Faja de transporte. ➤ Reductor ➤ Tambores. ➤ Rodillos. ➤ Reductor. ➤ Pulsadores de parada de emergencia. ➤ Cables y conexiones eléctricas. 		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Motores ➤ Rodamientos ➤ Faja de transporte. ➤ Reductor ➤ Tambores. ➤ Rodillos. ➤ Reductor. ➤ Pulsadores de parada de emergencia. ➤ Cables y conexiones eléctricas. 	
Aproximadamente un pérdida del año 2016 – 2017.	S/.27,840.00	Aproximadamente una pérdida del año 2018 – 2019.	S/.4,700.29
Por lo tanto estaría obteniéndose un ahorro o ganancia para la Empresa concretos Supermix S.A. Planta – caracoto			S/.23,140.00

Fuente: Elaboración propia



CONCLUSIONES

1.- La aplicación del TPM a la faja transportadora de tipo BETONMAC de tipo STACKER 36"x35.5 m nos permite maximizar la función del equipo, así aumentar la disponibilidad y la productividad del área de carga de piedra de $\frac{3}{4}$ y arena.

2.- mediante el análisis de la OEE - OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS y el análisis de criticidad se determinó los subsistemas y elementos de falla crítico del equipo, los cuales son: motor eléctrico con reductor de engranajes de paso helicoidal, bastidor de cojinetes y polines de carga, eje principal del motor al tambor.

3.- El Mantenimiento Productivo Total (TPM) se puede aplicar en cualquier tipo de industria; en donde el principal objetivo es eliminar los desperdicios que se presenten dentro de la organización, contando siempre con la participación de todo el personal a cargo (11).

4.- El mejoramiento de plan de mantenimiento optimiza la gestión de mantenimiento, reduciendo el costo global de mantenimiento, asimismo se pretende evitar fallas inesperadas que pueden incurrir en costos por pérdida de producción.

Además, la propuesta del plan de mantenimiento basado en el AMEF y causas y soluciones para la faja transportadora BETONMAC de tipo STACKER 36"x35.5 m, permitirá evitar fallas inesperadas del equipo y mejoras en el mantenimiento.



RECOMENDACIONES

A partir de los resultados obtenidos, y de acuerdo con las conclusiones planteadas en este trabajo, se abre nuevas vías de investigación de carácter tecnológico relacionadas con el análisis de fallas de los mecanismos de fajas transportadoras mediante un programa de mantenimiento productivo TPM. Incluso dentro del ámbito restringido de la presente tesis, resulta necesario un trabajo significativo para llevar a término en una faja transportadora poder analizar y así darle un correcto mantenimiento para alargar la vida útil de la faja transportadora BETONMAC de tipo STRACKER 36"x35.5 m.

La estrategia del TPM es la eliminación de fallas inesperadas de la faja transportadora puede perjudicar la producción de la planta concretera y el área de carguío. Por lo tanto, se requiere incorporar un plan de mantenimiento para la empresa concretera SUPERMIX S.A.

Es recomendable durante todo el tiempo ver el estado de desgaste de los polines de carga y polines de retorno, chumaseras, rodamientos de motor y del eje etc.



BIBLIOGRAFIA

1. SUPERMIX S.A.
2. WWW.BETONMAC.COM. MANUAL DE INSTALACION Y OPERACIÓN DE LA FAJA TRANSPORTADORA DE TIPO STACKER 36" X 35.5 MT 1 st ed SS, EDITOR. Svedala 2004.
3. PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO (TPM) UNIVERCIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS – BOGATA DC. COLOMBIA JAVIER SANCHEZ ROZO 1986
4. “EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL TPM Y LA IMPORTANCIA DEL RECURSO HUMANO PARA SU EXITOSA IMPLEMENTACIÓN” ERNESTO ANDRÉS LÓPEZ ARIAS BOGOTÁ - 2009.
5. HARTMANN, EDWARD H. Cómo instalar con éxito el TPM en una planta no japonesa. TPM Press, Inc., 1992, Capítulo XI, Pp. 175-232.
6. DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA DE LA EMPRESA MEJIA VILLEGAS CONSTRUCTORES S.A. MALEDIS RAQUEL BECERRA GUZMAN , YIRA PATRICIA BOHORQUEZ FARFAN UNIVERSIDAD DE CARTAGENA 2007
7. MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA FAJA TRANSPORTADORAS DE LA MINERA IRL. S.A. LUGAR CORIHUARMÍ
8. FARFAN BERTIN VALDIVIA FM. Realizar un Plan de mantenimiento Preventivo del Chancador Primario Fuller en Division Codelco Andina. Tesis Chile.; 2014.
9. TAMESUR S.A. Manual de instrucciones, uso y Mantenimiento Faja Transportadoras.
10. Proposición de un plan de mantenimiento de sistemas de Fajas transportadoras. Carolina Fabiana Carrera Meza 2013 Universidad del Bío-Bío. Chile.



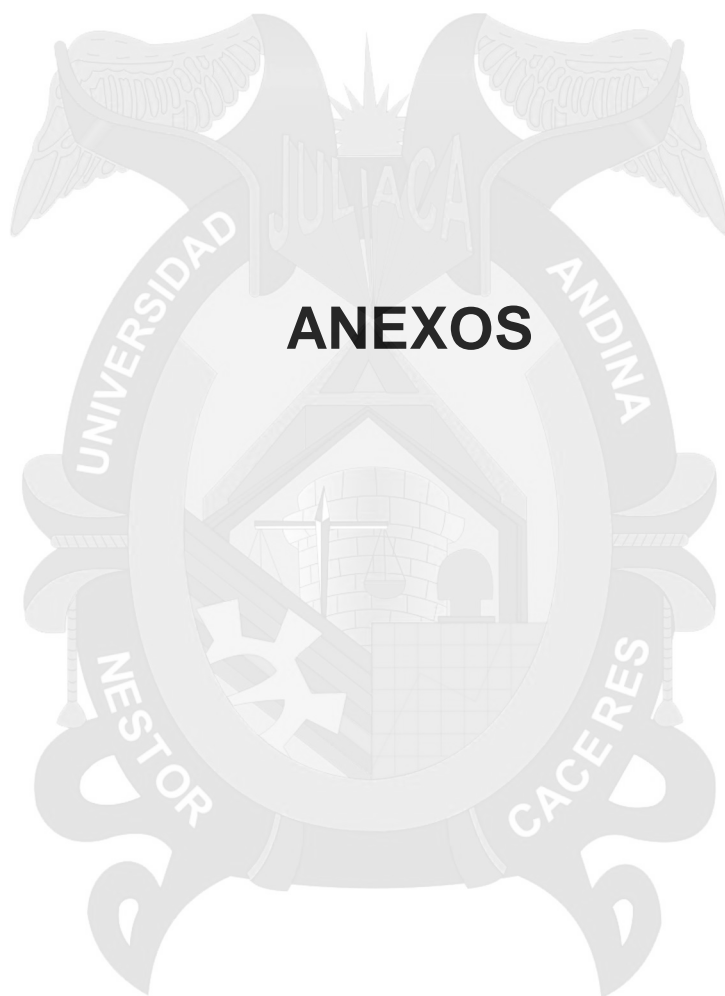
11. TPM - TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE Por Santiago García Garrido.
12. HERNANDEZ SAMIERI R, FERNANDEZ COLLADO C, BAPTISTA LUCIO P. Metodología de la investigación. Quinta ed. México: McGraw- Hill; 2010.
13. MOUBRAY J. Reliability Centred Maintenance New York: Industrial Press; 1997.
14. DA COSTA BURGA M. Aplicacion del mantenimiento centrado en la confiabilidad a Motores a Gas de Dos Tiempos en Pozos de Alta Producción. Tesis de Grado. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Peru; 2010.
15. AGUILAR OTERO JR. TORRES ARCIQUE R, MAGAÑA JIMENEZ D. análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgos y confiabilidad Jose R. Aguilar-Otero*, Roció Torres-Arcique, Diana Magaña-Jimenez:Ciencia Ed.;2010.
16. MILKY YIMI AUCAPIÑA GOYZUETA 2017, diseño eficiente de una faja transportadora para reducir el tiempo de parada ocasionado por las fallas de las fajas convencionales para una planta chancadora de rocas en la cantera del rio Cabanillas.
17. RICARDO EDWIN GARZON ROJAS 2007, Sistema automatizado de mantenimiento centrado en confiabilidad para pequeñas y medianas Empresas.
18. ALAN QUISPE CORONEL 2016, Mantenimiento basado en la confiabilidad aplicado a la trituradora SANDVIK CH440 de la planta concentradora de estaño de la unidad minera San Rafael de MINSUR S.A. - Perú 2016.
19. Ing. Brayan Salazar Lopez – www.ingenieriaindustrialonline.com
20. ELMER DAVID GONZÁLES OROZCO 2007, Diseño y montaje de una cinta transportadora de sal en la planta de la empresa QUIMOALCALI, S.A. ubicada en la el parcelamiento Santa Isabel Puerto San Jose.



WEBBIBLIOGRAFIA.

- 1.- www.ingenieriaindustrialonline.com
- 2.- www.mantenimientopetroquimica.com
- 3.- www.es.slideshare.net
- 4.- www.diplogestioncalidad.wikispaces.com
- 5.- www.repositorio.ute.edu.ec
- 6.- www.goodyear.cl
- 7.- www.myslide.es
- 8.- www.mantenimientomundial.com
- 9.- www.mejoracontinualc.com
- 10.- www.daniel96trejo.blogspot.com





ANEXOS

**ANEXO N° 1. Cuadro de datos generales de la Faja Transportadora BETONMAC de tipo STACKER 36" x 35.5 MT de la Empresa Concretos Supermix S. A.**

1.1 DATOS GENERALES	
DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Ancho de la faja	36"
Dist. C/C final	35.5 mt.
Polines de carga	Ø5" CEMA C
Polines de impacto	Ø5" CEMA C
Polines de retorno	Ø5" CEMA C
1.2. TRANSMISION	
1.2.1. MOTOR	
DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Motor :	ICC (AC motors)
Potencia :	50 HP
Velocidad :	1770 rpm
Tensión :	208-230//460 V, 60 Hz
Fases :	Trifásico
F. servicio :	1.15
1.2.2. REDUCTOR DE VELOCIDAD	
DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Marca	TRIO
Tipo	Shaft Mounted ICC/615
Tamaño	6
Backstop	SI
Polea de transmisión Motriz	Ø 225mm, 04 canales tipo B



Polea de transmisión Conducida	Ø 365mm, 04 canales tipo B
Fajas de transmisión :	B85
Velocidad de faja	1.78 m/s
Capacidad de trabajo	410 TPH
Capacidad de diseño	472TPH

1.3. CAJA DE ALIMENTACION ELÉCTRICA

DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Energía principal	440 V (CA)
Frecuencia	60 Hz
Fases	Trifásico
Tensión para control	Definir por el usuario final.

1.4. POLINES Y LONAS

ESTACIONES Y POLINES PARA FAJA TRASPORTADORA. -
Resumen estaciones:

Ítem	Cantidad	Descripción	Observaciones
1	04	CIT 535 - 36	Impacto triple a 35°
2	26	CNT - 535 - 36	Carga normal triple a 35°
3	14	RNS - 5 - 36	Retorno normal simple

1.4.1. POLINES (CEMA C5)

- **Polines de carga** Ø exterior 5", diámetro de eje 20mm, encastre 14mm, para faja de 36" con rodamientos completamente sellados.
- **Polines de Impacto con disco de jebe** Ø exterior 5", diámetro de eje 20mm, encastre 14mm, para faja de 36" con rodamientos completamente sellados.
- **Polines de retorno** Ø exterior 5", diámetro de eje 20mm, encastre 14mm, para faja de 36", con rodamientos completamente sellados.



- **Polines de retorno rectos** Ø exterior 5", diámetro de eje 20mm, encastre 14mm, para alimentador de faja 36", con rodamientos completamente sellados.

1.4.2. LONAS

De acuerdo a norma DIN 22131 e ISO 0247 cubiertas especiales anti abrasiva. Obtenemos las siguientes especificaciones:

DESCRIPCION	CARACTERISTICA
Serie	EP-160
Tipo	Pylon – PL3- 400/3
Nº de lonas	3 lonas
Tensión de trabajo	330 PIW
Calidad de cubierta	-
Espesor de cubierta superior	6.35 mm
Espesor de cubierta inferior	1.58 mm
Cantos o bordes de la faja	Abiertos
Espesor total	13.5 mm +/- 0.5mm
Cantidad	74 mts.

1.5. CHUMACERAS

Ubicación	Descripción	Diámetro	Cantidades
Faja Transportadora Tipo BETONMAC			
Polea de Cola	UCP	2-15/16"	2
Polea Motriz	UCP	3"	2

1.6. POLEAS

DESCRIPCION	MOTRIZ	COLA
-------------	--------	------

Cantidad	1	1
Diámetro (Ø)	18 plg	16 plg
Longitud (L)	990mm	990mm
Tipo	Enjebado diamante	Auto limpiante
Enjebado de caucho	e = 3/8" / 40 shore	N.A.
Eje y chaveta	Acero AISI 1045	Acero AISI 1045
Buje	Tipo Taper Lock	Tipo Taper lock

Fuente: CONCRETOS SUPERMIX S.A.

**ANEXO N° 2. Mantenimiento de la Faja Transportadora BETONMAC de tipo
STACKER 36" x 35.5 m.**

	TIPO DE RODAMIENTOS	TIPO DE CHUMACERAS	CANTIDAD INICIAL DE GRASA POR RODAMIENTO, KG	CANTIDAD GRASA (RE LUBRICACION) POR RODAMIENTOS, KG	PERIODO DE LUBRICACION, MESES
Polea de cabeza	22232	FSNL 532	2	0.15	6
Poleas de Cola	CCK/W33	SNL 518 - 615	0.43	0.04	6
Polea deflectora	22217EK	FSNL 517	0.43	0.025	6
Polea de Contrapeso	22218EK	SNL 518 - 615	0.43	0.04	6

El tipo de grasa a aplicar a los rodamientos es MULTIFAK EP 2 y generalmente los reductores de velocidad llevan el aceite PINNACLE EP 150.

ANEXO N° 3. Foto panorámica de la Planta Concretera Supermix S. A. - CARACOTO.



Fuente: CONCRETOS SUPERMIX S.A.

ANEXO N° 4. Fotos de la Faja Transportadora BETONMAC de tipo STACKER 36" x 35.5 MT de la Planta Concretera Supermix S. A. - CARACOTO.



Fuente: CONCRETOS SUPERMIX S.A.

ANEXO N° 5. Fotos del control de la Faja Transportadora BETONMAC de tipo STACKER 36” x 35.5 MT de la Planta Concretera Supermix S. A. - CARACOTO.



Fuente: CONCRETOS SUPERMIX S.A.